

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



ҚазҰТУ ХАБАРШЫСЫ _____

_____ **ВЕСТНИК КазНУ**

VESTNIK KazNRTU _____

№5 (129)

Главный редактор
И. К. Бейсембетов – ректор

Зам. главного редактора
Б.К. Кенжалиев – проректор по науке

Отв. секретарь
Н.Ф. Федосенко

Редакционная коллегия:

С.Б. Абдыгаппарова, Б.С. Ахметов, З.С. Абишева- акад. НАНРК, Л.Б. Атымтаева, Ж.Ж. Байгунчеков- акад. НАНРК, А.Б. Байбатша, А.О. Байконурова, В.И. Волчихин (Россия), К. Дребенштед (Германия), Г.Ж. Жолтаев, Р.М. Искаков, С.Е. Кудайбергенов, С.Е. Кумеков, В.А. Луганов, С.С. Набойченко – член-корр. РАН, И.Г. Милев (Германия), С. Пежовник (Словения), Б.Р. Ракишев – акад. НАН РК, М.Б. Панфилов (Франция), Н.Т. Сайлаубеков, А.Р. Сейткулов, Фатхи Хабаши (Канада), Бражендра Мишра (США), Корби Андерсон (США), В.А. Гольцев (Россия), В. Ю. Коровин (Украина), М.Г. Мустафин (Россия), Фан Хуаан (Швеция), Х.П. Цинке (Германия), Т.А. Чепуштанова, Г.Ж. Елигбаева, Б.У. Куспангалиев

Учредитель:

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Регистрация:

Министерство культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан № 951 – Ж “25” 11. 1999 г.

Основан в августе 1994 г. Выходит 6 раз в год

Адрес редакции:

г. Алматы, ул. Сатпаева, 22,
каб. 616, тел. 292-63-46
Nina. Fedorovna. 52 @ mail.ru

УДК 502/504

A.D. Akbasova, G.A. Sainova, O.A. Isakov, M.O. Baikhamurova
(International Kazakh-Turkish university of Hodge Ahmed of Yasavi, Kazakhstan,
e-mail: ecolog_kz@mail.ru)

IMPACT OF POLYGONS OF SOLID DOMESTIC WASTE ON THE STATE OF ECOLOGY OF THE ENVIRONMENT

Abstract. The article presents the results of the analysis of the state of 10 solid waste landfills in the Turkestan district, and also examines the environmental problems that arise during their operation. As the results of the survey showed, many of these sites are authorized landfills that do not have strict boundaries. They are one of the main sources of environmental pollution. The results of experimental studies on establishing the average morphological composition of solid domestic waste are presented. A significant part of the fractional components of solid waste is represented by a wide variety of organic and synthetic materials. An abrupt change in the content of some components was revealed depending on the season of the year.

In order to implement the "Program for the modernization of the management system for solid domestic wastes for 2014-2050" in the agricultural ranges of the Turkestan district in 2018, a separate waste collection methodology for subsequent processing and utilization has been started. The introduction of this reform should ultimately contribute to an increase in the volume of processed municipal solid waste from the current 4-5% to 80% by 2030.

Key words: polygon, ecological problems, solid household waste, morphological composition, utilization.

А.Д. Акбасова, Г.А. Саинова, О.А. Исаков, М.О. Байхамурова

(Международный казахско-турецкий университет имени Ходжа Ахмеда Ясави,
Казахстан, e-mail: ecolog_kz@mail.ru)

ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аннотация. В статье приведены результаты анализа состояния 10 полигонов твердых бытовых отходов Туркестанского района, а также рассмотрены экологические проблемы, возникающие при их эксплуатации. Как показали результаты обследования, многие из этих полигонов представляют собой санкционированные свалки, не имеющие строгие границы. Они являются одним из основных источников загрязнения окружающей среды. Представлены результаты экспериментальных исследований по установлению среднего морфологического состава твердых бытовых отходов. Значительная часть фракционных компонентов ТБО представлена большим разнообразием органических и синтетических материалов. Выявлено резкое изменение содержания некоторых компонентов в зависимости от сезона года.

Для внедрения на практику «Программы модернизации системы управления твердыми бытовыми отходами на 2014-2050 годы» в рассматриваемых сельских полигонах Туркестанского района с 2018 г. начато применение методики раздельного сбора отходов для последующей переработки и утилизации. Внедрение данной реформы в конечном итоге должен способствовать увеличению объемов перерабатываемых твердых бытовых отходов с нынешних 4-5 до 80% к 2030 г.

Ключевые слова: полигон, экологические проблемы, твердые бытовые отходы, морфологический состав, утилизация.

ВЕДЕНИЕ

Ни в одной стране мира до сих пор в полной мере не решены проблемы, связанные с обращением с отходами и с их утилизацией. В настоящее время, как свидетельствуют статистические данные, без учета миллионов изношенных и разбитых автомобилей, на каждого жителя нашей планеты приходится в среднем не менее 300 кг в год отходов. В естественных условиях значительная часть твердого бытового отхода не разлагается или имеет очень длительный срок разложения [1–3].

Накопление твердых бытовых и производственных отходов представляет большую угрозу для окружающей среды. С каждым годом как в городах, так и в сельских местностях возрастает объем твердых бытовых отходов (ТБО), что, соответственно, приводит к увеличению количеств несанкционированных свалок и полигонов. К основным причинам увеличения количества твердого бытового отхода можно отнести в первую очередь повышение уровня жизни, позволяющего пригодные к использованию вещи заменить новыми, а также рост производства товаров массового потребления одноразового использования, например, увеличение количества одноразовой упаковки и тары [4].

Загрязнение территорий различными видами мусора распространено практически повсеместно. Главными составляющими ТБО являются бумага, стекло, органические остатки (пищевые и садовые отходы), пластмассы, ткани, металлические предметы, строительные материалы, зола, отходы животноводства, птицеводства. Кроме всего этого, в ТБО входит крупногабаритный мусор (старая мебель, вышедшие из строя холодильники, стиральные машины, автомобильные шины и др.). Они не только ухудшают экологическую ситуацию, но и являются источниками дополнительных затрат, связанных с их сбором и утилизацией. По мере роста населения городов и сел эти затраты возрастают. В мировом масштабе для решения проблем с твердыми бытовыми отходами разработаны различные технологии их переработки и утилизации [5–6].

В Казахстане как и в других странах одной из основных экологических проблем является проблема загрязнения биосферы бытовым мусором. Общий объем накопленных ТБО в республике составляет свыше 100 млн. тонн, при этом ежегодно образуется уже порядка 5 - 6 млн. тонн ТБО. К 2025 году эта цифра может вырасти до 8 млн. тонн, при этом образующиеся отходы размещаются на полигонах без предварительной сортировки и обезвреживания. Нормы накопления ТБО на душу населения в региональном разрезе имеют широкий диапазон от 80 до более 400 кг/чел в год, что предполагает наличие несоответствий в процессе сбора данных и составления отчетности. Следует отметить, что практически на всех полигонах ТБО в Казахстане отсутствуют весы в зоне приема отходов, т.е. тоннаж устанавливается путем перевода кубических метров в тонны, и при этом применяется значение удельного веса от 250 до 300 кг на м³. По опыту европейских стран удельный вес составляет 100 - 150 кг на м³ [7–8].

В Казахстане количество полигонов, соответствующих санитарно-гигиеническим и экологическим требованиям, не превышают от общего количества 10% [9]. Они представляют собой обычные свалки, особенно это касается полигонов сельских местностей. ТБО попадают на свалки (полигоны) без предварительной сортировки. В результате на полигоны нередко вывозят химически и биологически опасные отходы (ртутьсодержащие люминесцентные лампы, различные химически активные, токсичные вещества, медицинские отходы и т.д.) [10].

Характерными чертами полигонов и несанкционированных свалок является временная изменчивость по объему и составу, непредсказуемость развития сложных химических, физико-химических, биологических, биохимических и других процессов под воздействием атмосферных явлений. В результате этих процессов образуются различные опасные и вредные вещества, наносящие весомый вред объектам биосферы. В связи с этим свалки (полигоны) ТБО, не снабженные комплексом мероприятий, снижающих их негативное влияние на окружающую среду, являются значительными источниками ее загрязнения [11–12]. Особо следует отметить их вклад на состояние почвенной системы, которая служит главным их аккумулятором.

Среди токсичных компонентов, представляющие опасность для окружающей природной среды, особое место отводится тяжелым металлам, нефтепродуктам, парниковым и озоноразрушающим газам, диоксинам, выделяющимся при самовозгорании полимеров и пластмасс, содержащихся в отходах, а также патогенная микрофлора и яйца гельминтов. Наибольшую опасность среди тяжелых металлов представляют Pb, Zn, Cd, Hg, Cu. Попадая в значительных количествах в организм животных и человека они вызывают глубокую денатурацию белков. При этом тяжелые металлы вступают во взаимодействие с функциональными группами -SH, -COOH аминокислот, что приводит к подавлению формирования активных центров, то есть снижается активность ферментов [13–15].

В настоящее время весьма слабо изучено влияние несанкционированных свалок на почвенный покров близлежащих к полигонам территорий и, соответственно, на изменения среды обитания человека. Известно, что распространение токсичных веществ из свалок твердых бытовых отходов на сельскохозяйственные поля соответственно будет наносить ощутимый вред. Они, накапливаясь в депонирующей их почвенной системе, через растения переходят непосредственно или через животных в пищевые цепи, тем самым нанося вред здоровью людей и вызывая различные заболевания [16-17]. В связи с этим большое значение приобретает поиск путей по их нейтрализации, например по переводу тяжелых металлов в неподвижное состояние, по трансформации токсичных органических веществ в нетоксичные формы, по ингибированию транслокации токсикантов из почвы в растения. Особенно заслуживает внимания подбор составов из твердых отходов, при котором один вид отходов снижает токсичность других видов отходов. Для этих целей с каждым годом приобретает приоритетность использования отходов растениеводства, животноводства и различных отходов строительной индустрии [18].

Наиболее экологически безопасным и продвинутом в технологическом плане решением является разделение твердых бытовых отходов и последующее их использование в качестве вторичного сырья. В ряде стран количество перерабатываемых ТБО постоянно увеличивается. В Казахстане также важно строить мусороперерабатывающие предприятия, на которых и мусор перерабатывается, и важная продукция производится, которая приносит определенные доходы.

Цель работы: Провести комплексные исследования состояния почв в полигонах и на примыкающих к ним сельскохозяйственных полях Туркестанского района, выявить основные химические и биологические загрязнители, методом сравнительного анализа выявить сельский округ с наибольшим уровнем загрязнения окружающей среды твердыми бытовыми отходами.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являются 10 полигонов сельских округов и несанкционированные свалки отходов. Почвы и другие объекты экосистем, находящихся под их влиянием. Методы исследования включали: аналитическое обобщение известных научных и технических результатов, натурные обследования полигонов, лабораторные анализы. Отбор образцов почв для химического анализа согласно по ГОСТу 17.4.4.02-84; содержание органических веществ по методу Тюрина; концентрация тяжелых металлов – вольтамперометрическим методом или методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии; оценка экологического состояния исследуемых территорий в соответствии с государственными нормативными документами и методиками.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследована региональная специфика полигонов и несанкционированных свалок для проведения оценки их влияния на окружающую среду. В таблице 1 приведены площади существующих полигонов и количество жителей сел. Общая площадь отведенная под 10 полигонов составляет 22 га, общее количество жителей в рассмотренных сельских округах около 104157 человек.

В настоящее время в полигонах Туркестанского района в качестве основных видов утилизации отходов широко используется захоронение и сжигание ТБО. А, как известно, захоронению подлежат только те отходы, переработка которых невозможна и опасна для вторичного использования. Большинство полигонов сел не соответствуют своим назначениям, на выделенных территориях не построены сооружения, соответствующие нормативным экологическим требованиям [19]. Кроме полигонов села Урунгай и Шорнак остальные 8 полигонов – это как бы санкционированные свалки без границ, хотя им выделены определенные площади территорий. Например, в селе Новый Икан расстояние от так называемого «полигона» до селитебной зоны не более 500 м. В связи с этим такое состояние хранилищ отходов вносит отрицательное воздействие на санитарно-гигиенические условия проживания людей в зонах, прилегающих к территории полигонов.

Средний морфологический состав ТБО в полигонах Туркестанского района по сезонам представлен в таблице 2. Твердые бытовые отходы представляют собой сложную гетерогенную смесь. Содержание пищевых отходов нестабильное, летне-осенний период их концентрация возрастает, что связано с увеличением потребления овощей и фруктов, заготовкой к хранению и отсутствием необходимости их использования в качестве корма животным и птицам.

Таблица 1. Размеры полигонов и численность населения сел

Номер промышленной площадки	Месторасположение полигонов ТБО, сельский округ	Занимаемая территория, га	Численность населения
1	Жибек Жолы	2	3649
2	Ушкайык	1	6219
3	Шорнак	3	12930
4	Сауран	2	4992
5	Карашык	3	10128
6	Жуйнек	3	10334
7	Жана Икан	4	7382
8	Ески Икан	1,5	16091
9	Бабайкорган	1,5	7720
10	Орангай	1	8512

В зимне-весенний период пищевые отходы используются для кормления животных. Увеличение содержания стеклянной и пластмассовой тары связано с повышенным употреблением различных напитков в жаркие летние месяцы. Увеличение почти в 2 раза строительных отходов связано с усиленным проведением в летне-осенние месяцы ремонтных работ. Остальные фракции практически мало изменяются. Многие компоненты отходов относятся IV и V классам опасности. Плотность до 0,2 т/м³.

Таблица 2. Морфологический состав твердых бытовых отходов

Наименование компонентов	Содержание компонентов в ТБО в % по сезонам года	
	зимне-весенний	летне-осенний
Пищевые отходы	15...20	35-45
Бумага, картон	10...12	5..6
Дерево	0,5...1	1..2
Черный и цветной металлолом	до 1	1...3
Текстиль	3...5	2...4
Кости	1...2	1...2
Стекло	2...5	9...11
Кожа, резина	10...11	2...3
Стройматериалы: камни, штукатурка, шифер и другие	5...7	10...15
Пластмасса	10...20	20...25
Отходы крупного и мелкого рогатого скота, верблюжий, конский навозы, птичий помет	5...10	1...2
Отсев (менее 15 мм) и прочее	не более 0,5	не более 2%
Физико-механический состав ТБО		
Зольность на рабочую массу, %	10...21	
Зольность на сухую массу, %	20...32	
Органическое вещество на сухую массу, %	48...60	
Влажность, %	15...20	
Плотность, кг/м ³	190...200	
Теплота сгорания на рабочую массу, кДж/кг	5000...8000	
Агрохимические показатели, % на сухую массу		
Азот общий	0,8...1	
Фосфор (P ₂ O ₅)	0,7...1,1	
Калий (K ₂ O)	0,5...0,7	
Кальций (CaO)	2,3...3,6	

Как показали результаты экспериментальных исследований, негативное воздействие полигонов на окружающую среду обусловлено наличием некоторых токсичных веществ в составе ТБО. В составе твердых бытовых отходов обнаружены различные красители, краски, лаки, ртуть, растворители, свинец и его соли, лекарства, пластмассы, синтетические материалы, полихлордифенилы, металлические банки и др. Эти вещества, включая пищевые отходы, в свалочных кучах подвергаются различным биохимическим процессам, в результате которых выделяется тепло и образуются ряд новых вредных веществ в твердом, жидком и газообразном состояниях. В некоторых полигонах, например Старый Икан, Урангай обнаружены несортированные медицинские отходы (разовые шприцы, остатки разбитых термометров, пластиковые и другие изделия, просроченные лекарства).

Неприятный запах газообразных веществ от полигонов распространяется ветровыми потоками на несколько километров, создавая неблагоприятные условия жизнедеятельности на территориях жилых застроек. Кроме того на смежные территории ветром переносится бумага, полиэтиленовые пакеты, пластмассовые бутылки и другие легкие составляющие. В связи с отсутствием в 8 полигонах контрольно-дезинфицирующей зоны существует опасность выноса за пределы полигона (свалок) ТБО болезнетворных микроорганизмов и загрязняющих веществ с колесами выезжающего транспорта.

Нами ежеквартально над отработанными участками полигона ТБО и на границе санитарно-защитной зоны, а также на смежных с полигоном территориях были определены содержания в атмосферном воздухе метана, сероводорода, аммиака, окиси углерода, бензола, трихлорметана, четыреххлористого углерода, хлорбензола. Превышение предельно допустимых значений концентраций установлено для углекислого газа и метана около 2 раз на территории полигона, за пределами СЗЗ превышение метана, углекислого газа выше ПДК наблюдалось только при возгорании ТБО. В связи с отсутствием сети наблюдательных скважин анализ подземных и грунтовых вод на исследуемых объектах не проведено.

На территориях исследуемых полигонов и близлежащих земель проведены исследования по оценке загрязнения почв 7 элементами: медь (Cu), цинк (Zn), свинец (Pb), кадмий (Cd), никель (Ni), мышьяк (As), ртуть (Hg). Выявлены районы наибольшей экологической опасности. В почвенных образцах, отобранных на территориях полигонов (свалок) и вокруг них, обнаружено превышение ПДК As от 3,0 до 4 раз, Hg от 2,5 до 3 раз. На территории полигонов и по периметру СЗЗ обнаружено превышение ПДК Cu от 2,1 до 2,4 раза, Pb в некоторых свалочных кучах до 23 раз, Cd до 1,5 раза, Zn и Ni до 3 раз. В фоновой пробе превышений ПДК металлов не найдено. По результатам биотестирования почва относится к 5 классу опасности.

Раздельный сбор мусора в странах Европы давно стал нормой, странам СНГ, включая Казахстан, надо перенять у них опыт и перейти к использованию ТБО в качестве вторичного сырья. Для повсеместного внедрения такого подхода необходимо, начиная с 2019 года, взимать экологический сбор за непереработанные ТБО и начать переход от их полигонного захоронения к утилизации.

В таблице 3 представлены объемы ТБО, накопленные в полигонах за 2010-2017 годы, а также прогнозные объемы ТБО, которые будут поступать в полигоны 2018-2019 годы после частичной утилизации.

Таблица 3. Объем твердых бытовых отходов, накопленных в полигонах в период эксплуатации, и прогнозные количества на 2018-2019 гг.

№	Наименование полигонов ТБО в сельских округах	Объемы ТБО в полигонах, тонны		
		накопленный 2010- 2017 г.г.	запланированный	
			2018 г.	2019 г.
1	Жибек Жолы	2471,28	386,06	165,13
2	Ушкайык	6293,59	970,92	415,29
3	Шорнак	16839,48	2554,30	874,05
4	Сауран	6218,44	813,16	278,25
5	Карашык	14876,58	1958,82	670,28
6	Жуйнек	10610,57	2016,25	689,93
7	Жана Икан	11091,93	1501,39	513,76
8	Ески Икан	20738,72	3233,90	1106,60
9	Бабайкорган	9986,29	1341,88	459,18
10	Орангай	13463,42	1598,33	546,93

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно «Программы модернизации системы управления твердыми бытовыми отходами на 2014-2050 годы» рассматриваемые сельские округа Туркестанского района Туркестанской области с 2018 г. начали внедрять методику раздельного сбора отходов для последующей переработки и утилизации. В настоящее время в полигонах ТБО осуществляются работы по раздельному хранению отходов, заключаются договора с организациями, занимающимися переработкой и утилизацией определенных видов отходов. А именно, планируется в широком масштабе:

- макулатуру, пластиковые и полимерные отходы утилизировать в промышленном цехе ИП «Датка» г. Туркестан с получением вторичного сырья в виде флексы, гранул и т.д.;
- стеклобой и строительные отходы использовать в качестве вторсырья в местных организациях, выпускающих строительные изделия и занимающихся строительством дорог;
- органические (навозы животноводства) и биологические отходы (шерсть, убойные отходы, кости, кожа, текстиль) утилизировать на инсинераторной установке МКТУ имени Х.А.Ясави.

Внедрение данной реформы в конечном итоге должен способствовать увеличению объемов перерабатываемых твердых бытовых отходов с нынешних 4-5 до 80% к 2030 г.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hong Jinglan, Li Xiangzhi, Zhaojie Cui Life cycle assessment of four municipal solid waste management scenarios in China // Waste Management, Volume 30, Issue 11, November 2010. - P. 2362–2369.
- [2] Bovea M.D., Ibanez-Fores V., Gallardo A., Colomer-Mendoza F.J. Environmental assessment of alternative municipal solid waste management strategies. A Spanish case study // Waste Management, Volume 30, Issue 11, November 2010. - P. 2383–2395.
- [3] Ганичева Л. З., Парамонова О. Н. «Эколого-экономические особенности обращения с твердыми бытовыми отходами». Сборник материалов Всероссийской конференции «Проблемы геологии, планетологии, геоэкологии и рационального природопользования», г. Новочеркасск, ЮРГТУ (НПИ), 2011. - С. 326–329.
- [4] Твердые бытовые отходы (сбор, транспорт и обезвреживание): справочник / Систер, В.Г., Мирный, А.Н., Скворцов, Л.С. и др. — М.: изд-во Акад. коммун. хозяйства им. К. Д. Памфилова, 2001. — 319 с.
- [5] Аненков А. А. Характер воздействия проектируемого объекта (полигона ТБО г. Сорочинск) на компоненты окружающей среды // Молодой ученый. — 2016. — №9.1. — С. 5-7.
- [6] Гуман О.М. Экологический мониторинг на полигонах твердых бытовых и промышленных отходов / Гуман О.М. //Записки Горного института. - № 153. Проблемы современной инженерной геологии. – Санкт-Петербург, 2003. – С. 58-60.
- [7] Программа модернизации системы управления твердыми бытовыми отходами на 2014-2050 годы. Утв. Постановлением Правительства Республики Казахстан от 09 июня 2014 г. № 634.
- [8] Национальный доклад о состоянии окружающей среды и об использовании природных ресурсов Республики Казахстан за 2016 год. Министерства энергетики РК. [«zakon.kz»](http://zakon.kz), 2017г.
- [9] Ерлен Бадыхан. Операция “Утилизация”. Как в Казахстане решить проблему отходов. Газета «Кара-ван», 22.05.2017 г.
- [10] Ковалева, Е. И. Мониторинг объектов размещения твердых бытовых отходов // VIII Международный экологический форум, 2008. - С. 176–178.
- [11] Горленко, А. С. Вопросы оценки негативного воздействия объектов размещения отходов на почвы // Материалы III съезда общества почвоведов им. В. В. Докучаева. Ростов-на-Дону, 2008. – С. 35-38.
- [12] Попутникова, Т. О. Экологическая оценка почв и отдельных компонентов окружающей среды в зоне размещения полигона твердых бытовых отходов. Автореф. на соиск. уч. ст. канд. биол. наук. 2010. - 24 с.
- [13] Оценка экологического состояния почвенно-земельных ресурсов и окружающей природной среды Московской области / Под общ. ред. Г. В. Добровольского, С. А. Шобы. — М.: Изд-во МГУ, 2000. - 221 с.
- [14] Алборов И.Д., Степанова С.В. Исследование биохимических процессов, происходящих на полигонах твердых бытовых отходов // Вестн. МАНЭБ. 2002. - Т.7, N 9(57). - С.32-34.
- [15] Дроздова Т.В. Полигон по захоронению твердых бытовых отходов как модель по изучению много-средового и комплексного воздействия на окружающую среду и здоровье населения. Автореф. на соиск. уч. ст. канд. медиц. наук. 2004. - 25 с.
- [16] Пьянкова Е.Д. Оценка и минимизация воздействия на окружающую среду полигонов твердых коммунальных отходов. Автореф. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. 2007. - 24 с.
- [17] Яковлев В.А., Семин Е.Г., Гусаров В.В. Концептуальные основы выбора приема переработки ТБО.// Тр. Международного форума ТЭК России СПб. - 2000. - 114 с.
- [18] Юрьев Юрий Юрьевич. Метод снижения антропогенного воздействия полигонов твердых бытовых отходов на окружающую среду : диссертация ... кандидата технических наук . Волгоград, 2005.- 124 с.
- [19] Экологический кодекс Республики Казахстан. Астана, 9 января 2007 года N 212 (с изменениями, внесенными Законами РК от 27.12.2017 №126, 24.05.2018 № 156).

Акбасова А.Д., Саинова Г.Ә., Исаков О.Ә., Байхамурова М.О.

Қоршаған ортаның экологиялық жағдайына қатты тұрмыстық қалдықтар полигондарының әсері

Резюме. Мақалада Түркістан ауданындағы қатты қоқыс тастайтын 10 полигонының жай-күйін талдау нәтижелері келтірілген, сондай-ақ оларды пайдалану барысында туындайтын экологиялық мәселелер қарастырылған. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, осы учаскелердің көпшілігі қатаң шекаралары жоқ полигондар болып табылады. Олар қоршаған ортаны ластайтын негізгі көздерінің біріне жатады. Тұрмыстық қатты қалдықтардың орташа морфологиялық құрамын анықтау бойынша эксперименттік зерттеулердің нәтижелері ұсынылған. Қатты қалдықтардың бөлшек құрамдас бөліктерінің айтарлықтай бөлігі органикалық және синтетикалық материалдардың алуан түрлерінен құралған. Жылдың маусымына байланысты кейбір құрамдас бөліктердің мөлшерлері күрт өзгеріп отыратыны дәлелденді.

«2014-2050 жылдарға арналған қатты тұрмыстық қалдықтарды басқару жүйесін жаңғырту жөніндегі бағдарламаны» іске асыру мақсатында Түркістан ауданының ауылдық округтері 2018 жылдан бастап қалдықтарды сұраптап жинауды қолға алып, әрі қарай өңдеу және пайдалану әдістерін қолдана бастады. Бұл реформаны жүзеге асыру нәтижесінде 2030 жылға дейін өңделетін қатты тұрмыстық қалдықтардың ағымдағы мөлшерін 4-5% -дан 80% -ға дейін жеткізуге болатыны айқын.

Түйінді сөздер: полигон, экологиялық мәселелер, қатты тұрмыстық қалдықтар, морфологиялық құрамы, кәдеге жарату.

Akbasova A.D., Sainova G.A., Isakov O.A., Baikhamurova M.O.

Impact of polygons of solid domestic waste on the state of ecology of the environment

Summary: The article presents the results of the analysis of the state of 10 solid waste landfills in the Turkestan district, and also examines the environmental problems that arise during their operation. As the results of the survey showed, many of these sites are authorized landfills that do not have strict boundaries. They are one of the main sources of environmental pollution. The results of experimental studies on establishing the average morphological composition of solid domestic waste are presented. A significant part of the fractional components of solid waste is represented by a wide variety of organic and synthetic materials. An abrupt change in the content of some components was revealed depending on the season of the year.

In order to implement the "Program for the modernization of the management system for solid domestic wastes for 2014-2050" in the agricultural ranges of the Turkestan district in 2018, a separate waste collection methodology for subsequent processing and utilization has been started. The introduction of this reform should ultimately contribute to an increase in the volume of processed municipal solid waste from the current 4-5% to 80% by 2030.

Key words: polygon, ecological problems, solid household waste, morphological composition, utilization.

УДК 553.41(574)

МРТИ.38.49.17

Z.T. Umarbekova

FORMATION STAGES AND PROSPECTS OF THE ARKHARLY ORE CLUSTER

Abstract. There describes the Arkharly ore cluster, interesting with respect to gold mineralization. The characteristics of the geological structure of the ore site and its prospects are given in the article. A number of stages in the formation history are considered.

Key words: Arkharly, gold, minerageny, quartz-adularia, formation, prospect.

З.Т. Умарбекова

(Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан, zama7777@mail.ru)

ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ АРХАРЛИНСКОГО РУДНОГО УЗЛА

Анотация. В статье описывается интересный в отношении золотого оруденения Архаралинский рудный узел. Приведена характеристика геологического строения рудного узла и его перспективы. Рассмотрен ряд этапов истории формирования.

Ключевые слова: Архарлы, золото, минерогения, кварц-адуляр, формация, перспектива.

Архаралинский рудный узел - это крупная вулканотектоническая депрессия позднего палеозоя с элементами палеовулканических структур, (субвулканы, экстрезии, вулканические неки,

эксплозивные аппараты), нарушенная разломами широтного, северо-восточного и северо-западного простираения с рудоконтролирующей ролью долгоживущих широтных разломов [1].

Стратифицированным вулканогенным образованиям соответствуют комагматичные экструзивные и субвулканические тела, внедрение которых сопровождалось гидротермальным метасоматозом, образованием кварцевых жил с медной и золото-серебряной минерализацией. Пространственно кварцевые жилы с рудной минерализацией приурочены к толщам позднепалеозойских вулканитов, локализуясь среди пропилитов, зонально-окружающих массивы вторичных кварцитов. В структурном плане они располагаются в местах сгущений и пересечений разломов, а также купольных и кальдерных вулcano-тектонических структурах с радиальными и концентрическими трещинами (рис.1).

Минерагенический профиль Архарлинского рудного района традиционно представляется как золото-серебряный с подчиненной ролью свинцово-цинковой и медной минерализации. Большое количество разномасштабных проявлений золота и серебра относятся либо к золото-серебряной кварцево-жильной, либо золото-полиметаллической кварцево-жильной формации [2].

Золото-полиметаллическая формация объединяет малые месторождения Иглик Центральный, Биже II, проявления Малайсары Западный, Манаубай и др.

Золото-серебряной жильной кварц-адуляровой вторично-кварцитовой формации (Архарлинский рудный узел (Au, Ag) – 85 км² принадлежат месторождения Архарлы, Бетбастау, Далабай).

Важным элементом Архарлинского рудного района является Архарлинский рудный узел, выделенный по сближенному расположению в нем месторождений золота Архарлы, спутников в виде рудных зон Кызыл-Шоки и Бетбастау, а также золотопроявления Самен на крайнем западном фланге узла. Рудный узел имеет неправильные очертания, вытянутые в восточном - северо-восточном направлении на 24 км при максимальной ширине 6 км. Площадь – 85 км².

Архарлинский рудный узел сложен преимущественно пермскими накоплениями: базальтами, андезитами и терригенными образованиями бескайнарской свиты, которые перекрыты туфами, игнимбритами умеренно кислого состава жалгызгашской свиты, на которые в свою очередь налегают андезито-базальтовые лавы жельдыкаринской свиты и трахириолитовые лавы и туфы малайсаринской свиты раннего триаса.

Вулканогенно-осадочный разрез прорван телами андезитов и андезидацитов жельдыкоринского и трахириолитами малайсаринского субвулканических комплексов. С многочисленными разрывными нарушениями северо-западного и северо-восточного направлений связаны кварцевые жилы и прожилки, зачастую сгруппированные в отдельные жильные зоны, а также поля вторичных кварцитов и пропилитизированных пород [3].

Выделяются следующие основные этапы формирования Архарлинского рудного узла как вулcano-гидротермальной системы:

1. Бескайнарский андезито-базальтовый вулканизм, сопровождаемый внедрением плагиоандезитовых экструзий, кварц-карбонатных жил северо-западного простираения

2. Жалгызгашский этап пароксизмального дацито-риолитового вулканизма, чередующегося с моментами затишья, размыва и накопления пачек терригенных пород. Формирование вторичных кварцитов, кварц-аметистовых жил субширотного северо-восточного направления и зон калишпатизации между участками Восточный-1 и Восточный-2.

3. Жельдыкаринский этап андезито-базальтового вулканизма и формирование зон пропилитизации и кварцево-жильных зон участка Восточный и Бетбастау

4. Малайсаринский этап трахириолитового вулканизма и зон прокварцевания Кызылшоки

5. Сарыбулакский этап субщелочного базитового магматизма и сопровождающих зон пропилитизации и калишпатизации

6. Интрузивный магматизм – внедрение южно-джунгарского комплекса диоритов, гранодиоритов и гранит-порфиров

Такая последовательность соответствует длительному отрезку времени проявления как вулканизма, так и рудогенеза.

В истории развития золоторудного гидротермального процесса важную роль играли следующие факторы:

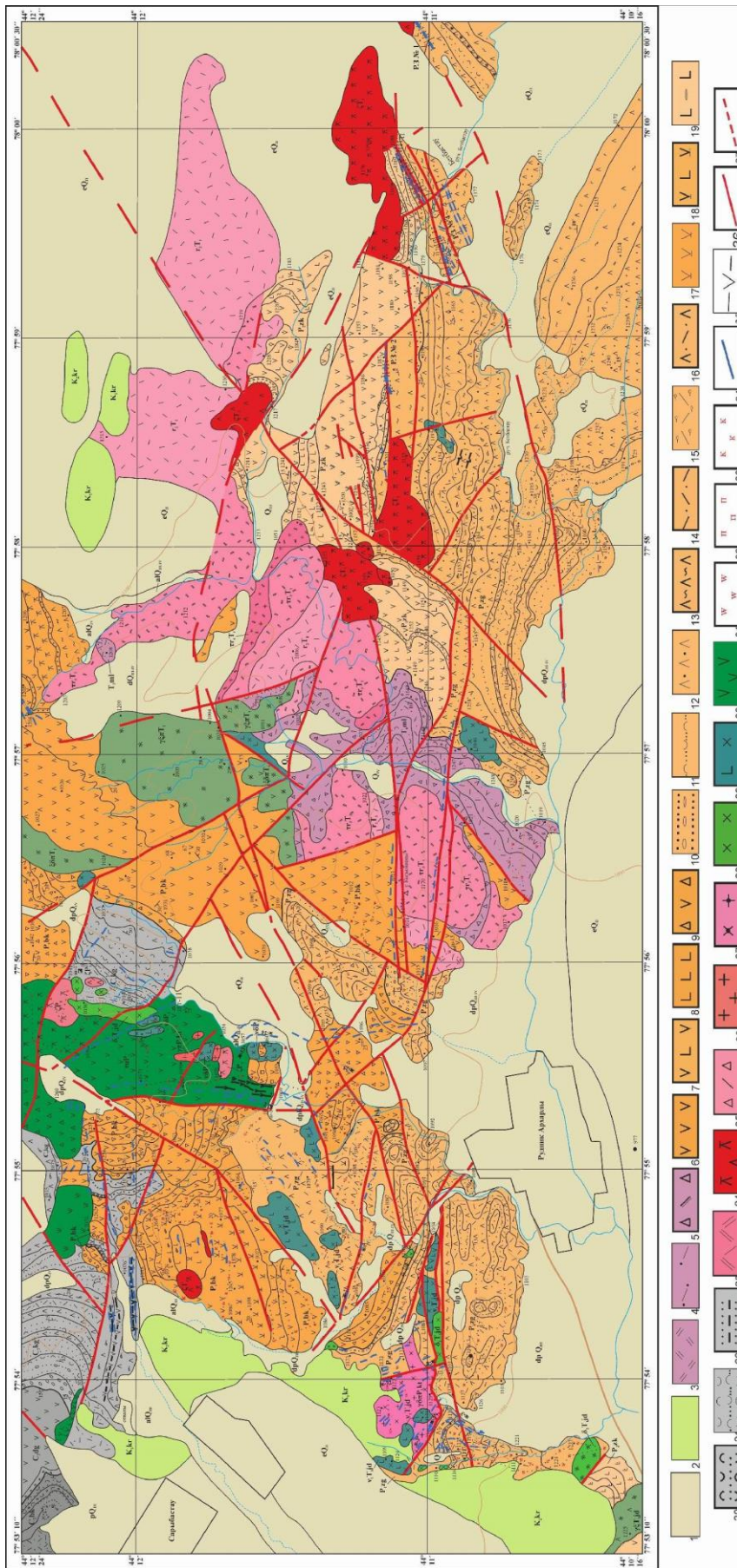


Рис. 1. Геологическая карта Архарлинского рудного поля (месторождения Архарлы и Бетбастау).

Составили: Скринник Л.И., Умарбекова З.Т.

Стратифицированные образования: 1 – четвертичные отложения, 2 – неогеновые галечники и глины. Отложения триаса: малайсаринская свита T_{1ml} (трахириолитовые 3-лавы, 4 – туфы, 5 – околожерловые брекчи). Пермские отложения: желдыкоринская свита P_{2zk} (6-андезиты, 7 – андезибазальты; 8 – базальты; 9-кластолавы андезитовые, 10- песчаники, конгломераты); жалгызаташская свита P_{1zg} (11-туфопесчаники, 12- туфы дацитовые; 13 – туфолавы дацитовые; 14 – туфы риолитовые; 15 – игнимбриты; 16 – туфы риодацитовые); бескайнарская свита P_{1bk} (17- плагиоандезиты, 18 – пироксен-плагиоклазовые андезибазальты, 19-базальтовые шлаки); кугалинская свита S_{3kg} (20 – тонкое чередование песчаников и туфопесчаников; 21 – туфопесчаники с прослоями туфитов; 22 – песчаники с прослоями алевролитов); 23 – неки Кызылшоқы, 24 – субвулканические дациты; 25 – жерловые и околожерловые брекчи Кызылшоқы. Интрузивные породы южно-джунгарского комплекса: 26– гранит-порфиры, 27 – гранодиорит-порфиры, 28 – диориты; Сарыбулакский комплекс 29 – габбро-диабазы. Прочие обозначения: 30 –субвулканическое тело трахиандезита; 31– вторичные кварциты; 32 – пропилиты; 33 – калишпатизированные породы; 34 – золотоносные кварцевые жилы; 35 – дайки; 36 – разломы под покровом рыхлых отложений; 37 – разломы под покровом рыхлых отложений.

Структурно-тектонический фактор. Влияние структурно-тектонического фактора на особенности локализации проявлений кварцево-жильной золотополиметаллической формации проявляется в постоянном присутствии следующих, достаточно четко фиксируемых закономерностей:

- приуроченность золоторудного объекта к региональной рудоконтролирующей им структуре в виде широтной зоны разломов глубинного заложения. Эти протяженные глубинные разломы влияют на тип и размещение центров вулканизма и интрузивного магматизма. На пересечении глубинного разлома северо-западными сдвигами возникали мобильные участки. Они имеют большую магмопроницаемость, в них зарождались магматические очаги, происходило формирование интрузий и экстрюзий, которые сопровождаются широким распространением гидротермальных изменений. В результате активной деятельности растворов формировались месторождения и проявления золота, меди и полиметаллов в пределах Архарлинского рудного района.

- в местах сближенного расположения к региональной структуре примыкают разломы более высоких порядков оперяющие его под острыми углами, с интенсивным дроблением, и гидротермальным изменением пород.

Рудные тела размещаются в зонах локальных разрывных нарушений с проявленными сдвиговыми деформациями и дроблением рудовмещающих пород.

Архарлы-Бетбастауское золотосеребряное рудное поле расположено в восточной части Архарлинского рудного узла. Площадь в пределах выделенных границ - 50 км². В геологическом строении рудного поля принимают участие осадочно-пирокластические отложения кугалинской (С₃), вулканиды бескайнарской (Р₁) и жалгызгаашской (Р₁) свит, слагающие брахиформную антиклинальную структуру, ориентированную в СВ направлении. На восточный край антиклинали наложена верхнепермская брахисинклиналь, сложенная пироксеновыми и плагиоклаз-пироксеновыми андезибазальтами жельдыкоринской свиты и трахириолитами нижнетриасовой малайсаринской свиты. Стратифицированные толщи прорваны сопровождающими вулканизм субвулканическими экстрюзиями, штоками и некками жельдыкоринского ($\alpha\beta P_2$) и малайсаринского (трахириолиты, трахидациты) и дифференцированными близповерхностными телами сарыбулакского комплексов. Последовательность их формирования соответствует размещению в ряду условных обозначений к геологической карте (рис 1). Возраст устанавливается по взаимоотношению с вмещающими породами. Смена состава отражает усиливающуюся во времени контрастность вулканизма и нарастание щелочности пород.

Вулканогенный фактор. Проявляется в виде четко фиксируемой парагенетической связи золото-полиметаллического кварцево-жильного оруденения с геологическими образованиями определенного состава, возраста и происхождения. Основными составляющими элементами вулканогенного фактора являются рудогенерирующая и рудовмещающая геологические формации.

Рудогенерирующая формация. Считается установленным наложенный (эпигенетичный) характер золото-полиметаллической минерализации кварцево-жильного типа на самые молодые вулканиды района, относящиеся к малайсаринской свите нижнетриасового возраста (Руденко П.А., 1978 г., Азбель К.А., 1975 г. и др.). Фиксируется наложение золоторудной минерализации на весь стратифицированный ряд геологических образований. Связь золотополиметаллической минерализации с породами этого комплекса, а отсюда и постраниотриасовое время образования рудных тел данной формации подтверждается геохимической специализацией сарыбулакских вулканидов. Для них характерно повышенное (по отношению к кларку) среднее содержание свинца почти в 5 раз, цинка в 1,3 раза, серебра в 1,3 раза. В превышающих кларки в 3-4 раза содержаниях, по данным Мамонова Е.П., отмечены олово, вольфрам, литий, барий. Концентрация в породах - мышьяка элемента-спутника превышает кларк более чем в 20 раз. Можно предполагать, что гидротермальные растворы, связанные с внедрением субвулканических тел сарыбулакского комплекса, наряду с кварцем и карбонатом, содержали рудную нагрузку. В зонах локальных сдвигов с дроблением и смятием рудовмещающих пород происходило образование кварц-карбонатных жил и прожилковых зон, обогащенных золотом и полиметаллами. [2]

Таким образом, трахиандезибазальты сарыбулакского субвулканического комплекса, по Е.П.Мамонову, можно рассматривать как рудогенерирующую геологическую формацию по отношению к золото-полиметаллической минерализации кварцевых и кварц-карбонатных жильных тел.

Для кварц-адуляровой формации *рудогенерирующим фактором* является наиболее продуктивный вулканический цикл позднепермского вулканизма, начавшийся проявлением андезибазальтового вулканизма и завершившегося вулканическими извержениями трахириолитового состава малайсаринского комплекса раннего триаса.

Субвулканическая фация жельдыкоринской базальт-андезитовой формации является более продуктивной по сравнению с предшествующей историей позднепалеозойского вулканизма.

С жельдыкоринской базальт-андезитовой формацией связано наибольшее количество полей вторичных кварцитов, пропилитизированных пород и проявлений золота кварц-адуляровой формации. Действительно, близлежащие известные месторождения золота Архарлы, Далабай, Биже II, Бетбастау связаны со становлением субвулканических интрузивов жельдыкоринского субвулканического комплекса. Возможно, это связано с некоторыми геохимическими и петрохимическими особенностями позднепермского вулканизма.

В геохимическом отношении при сравнении субвулканических фаций более ранних средне-основных бескайнарского и дигерского комплексов с жельдыкоринскими вулканитами, можно видеть, что в последних повышены содержания висмута и цинка, а особенно отчетливо превышение концентраций серебра в 7-8 раз. При определении геохимической специализации всех стратиграфических и интрузивных подразделений жельдыкоринского времени Е.П.Мамоновым было установлено, что дисперсия по серебру составляет 73-78 единиц. Такой размах дисперсии указывает на вероятность локальных скоплений высоких концентраций серебра (Мамонов Е.П. 1994 г.).

По петрохимическим характеристикам жельдыкоринские андезиты отличаются от андезитов ранней перми (бескайнарский вулканический комплекс) повышенными содержаниями SiO_2 , Al_2O_3 и суммы щелочей.

Наиболее достоверно рудогенерирующая роль жельдыкоринских субвулканов устанавливается на Архарлинском месторождении, где Е.П.Мамоновым была пробурена параметрическая скважина глубиной 764 м. По данным бурения под вторичным кварцитами и нижележащими пропилитами с рудной минерализацией, располагаются пропилитизированные субвулканические андезибазальты.

Рудовмещающим фактором для золоторудных тел кварц-адуляровой формации служат вмещающие породы Архарлинского рудного узла.

Интрузивные тела сарыбулакских андезибазальтов находятся в начальной стадии эрозионного среза и поэтому обладают достаточно мощной гидротермально измененной кровлей. Достаточным основанием для этого утверждения служат данные по параметрической скважине, пробуренной на месторождении Архарлы (участок Центральный) (Мамонов Е.П. 1994 г.).

На глубине 100 м в ней встречена зона интенсивной пиритизации. В интервале глубин 100-141 м поляризуемость пород достигает своей максимальной величины 6-8%. В пиритизированных туфопесчаниках встречаются прожилки с галенитом и пиритом. Бурением подтверждено залегания на глубине 130 м субвулканического тела андезитов. До глубины 200-250 м распространяется зона вторичных кварцитов, главным образом серицитовой фации. До кровли субвулканического тела наблюдаются кварц-серицит-цеолитовые вторичные кварциты, ниже серицит-цеолитовые с линзами и мелкими телами монокварцитов по туфопесчаникам и туфам раннепермской бескайнарской свиты.

На Архарлинском рудном поле имела место интенсивная гидротермальная проработка, приведшая к образованию обширных полей вторичных кварцитов и пропилитов. Полифациальные вторичные кварциты развиты, в основном, по вулканитам жалгызагашской свиты и представлены монокварцитовой, алунитовой, каолиновой, серицитовой и переходными между ними фациями. Серицитовые и пропилитовые метасоматиты развиты по туфам и лавам бескайнарской и жалгызагашской свит и субвулканическим жельдыкоринским андезибазальтам. Зоны пропилитизации при этом являются основными рудовмещающими породами. В них сконцентрированы все наиболее продуктивные кварцевые и кварц-карбонатные жилы.

Как описывает Е.П.Мамонов, под вторичными кварцитами практически до забоя находится зона пропилитизированных андезибазальтов жельдыкоринского субвулкана, в которых также можно увидеть определенную вертикальную зональность. Непосредственно под вторичными кварцитами отмечается фация эпидот-адуляр-цеолитовых пропилитов, далее вниз в вертикальной колонне метасоматитов расположены образования фации эпидот-цеолит-адуляровых пропилитов. Обе фации различаются лишь по процентному содержанию минералов, в то время как их состав не меняется. Наиболее интересными в пропилитах зонами являются кварц-адуляровые, с которой часто ассоциирует рудная минерализация с золотом и полиметаллами и, которая является, как правило, наиболее поздней, секущей в отношении других фаций. Вероятно, имеет место связь зон метасоматитов и кварц-адуляровой рудной минерализации со становлением сарытауского субвулканического комплекса.

Под понятием *структурный минерагенический* фактор, по Мамонову Е.П., понимаются протяженные главные разломы, достигающие по геофизическим данным гранитного слоя, к которым преимущественно приурочены основные рудогенерирующие субвулканы. Подобные разломы имеют два основных направления: северо-западное и северо-восточное.

Время заложения главных разломов скорее всего позднепалеозойское, поскольку с ними просматривается магмоподводящая роль. Несомненно, что разломы северо-западного направления мо- ложе северо-восточных, поскольку первые почти повсеместно пересекают вторые. По характеру пе- ремещений эти разломы являются сбросами, а по разломам северо-западного направления произошли еще и правосторонние сдвиговые перемещения.

Разломы северо-западного и меридионального направления: контролируют андезитовидные мас- сивы месторождения Архарлы (рис 2). Как видно на схеме, наряду с субширотными и диагональными северо-западными в Архарлинском рудном поле имеют место зоны повышенной проницаемости субмеридионального простирания и дугообразные разрывы, к которым приурочены крупные золото- носные жилы и их скопления. Кроме полезной нагрузки они отражают последовательность тектони- ческой проработки рудного поля и возможное расположение не менее перспективных рудных тел за- паднее разведанной и отработанной его части.

Перспективы Архарлинского рудного района.

Наиболее перспективной территорией района является архарлинский рудный узел.

В пределах Архарлинского рудного узла выделяются две наиболее перспективных площади - Сарытауское и Архарлы-Бетбастауское золотосеребряные рудные поля.

Сарытауское прогнозируемое рудное поле расположено в западной части Архарлинского руд- ного узла и является пространственным продолжением рудоносных Архарлинских структур, пере- крытых чехлом четвертичных отложений. Выделено при ГДП-50 в 1994 г. на основании однотипно- сти позиций геологического строения и идентичности формационной принадлежности с Архарлы- Бетбастауским золотосеребряным рудным полем. Эта аналогия усиливается наличием мелких пунк- тов минерализации серебра, свинца и вторичных ореолов рассеяния золота (Мамонов Е.П. 2010г).

Видимая минерализация наблюдается в виде редких гнезд галенита и налетов малахита.

В пределах рудного поля выявлены наиболее крупные месторождения Илийской структурно- металогенической зоны - Архарлы (с рудной зоной Кызыл-Шоки) и Бетбастау. Известны также мно- гочисленные геохимические ореолы золота, серебра и мышьяка.

Характерно наличие полей гидротермально измененных пород – пропилитов и полифациаль- ных вторичных кварцитов с телами монокварцитов. Широко проявлена дизъюнктивная тектоника в виде разломов широтного, северо-восточного и северо-западного направлений. Зоны разломов вы- полнены кварцевыми жилами, брекчированными и окварцованными породами, телами монокварци- тов с густой мелкой сетью кварцевых прожилков. Зачастую кварцевые жилы и прожилки золотонос- ны, в отдельных случаях достигая ураганных содержаний – 3800 г/т.

Базовые месторождения рудного поля - Архарлы и Бетбастау - относятся к золотосеребряной кварц-адуляровой формации, вулканогенному гидротермально-метасоматическому генотипу, и нахо- дятся в единой геолого-структурной обстановке. На месторождении Архарлы выделено до 90 кварце- вых жил, сгруппированных в 10 жильных зон участков Центральный, Восточный I, II, Северо- Восточный. Длина жил 100-650 м, мощность от 0,5 до 130 м. Содержание золота - от 0,5-5,8 г/т до 24 г/т, редко достигает ураганных содержаний – 3800 г/т. Содержание серебра колеблется также в широких пределах от 10,0-50,0 г/т до 1636,8 г/т.

Запасы месторождения Архарлы по категории C_1 , учтенные Госбалансом на 01.01.2010 г., со- ставляют 917 кг золота и 20,3 т серебра. По категории C_2 учтены 1360 кг золота и 52 кг серебра. Учтенные прогнозные ресурсы категории P_1 составляют 5,6 т золота. В выявленной в 1990 г. рудной зоне Кызыл-Шоки на 01.01.2010 г. учтены запасы золота категории C_1 в количестве 105 кг и прогноз- ные ресурсы золота категории P_1 – 600 кг, при содержании 8,85 г/т. Суммарные запасы по месторож- дению Архарлы и рудной зоне Кызыл-Шоки составят: золото - $917+105=1022$ кг при содержании 8,66 г/т и серебра 20,352 т при содержании 176,27 г/т. Прогнозные ресурсы категории P_1 месторожде- ния Архарлы и рудной зоны по золоту – 6,2 т. (Мамонов Е.П. 2010г).

Считается, что перспективы месторождения Архарлы могут быть увеличены в результате дальнейше- го изучения площади и выявления новых рудных зон, доразведки глубоких горизонтов и флангов. Около двух десятилетий месторождение Архарлы рентабельно разрабатывалось Архарлинским рудником.

Руды месторождения Бетбастау идентичны рудам месторождения Архарлы и могут отрабаты- ваться совместно на одной золотоизвлекательной фабрике.

В целом, Архарлы-Бетбастауское рудное поле считается не отработанным перспективным и в значительной мере недоизученным.

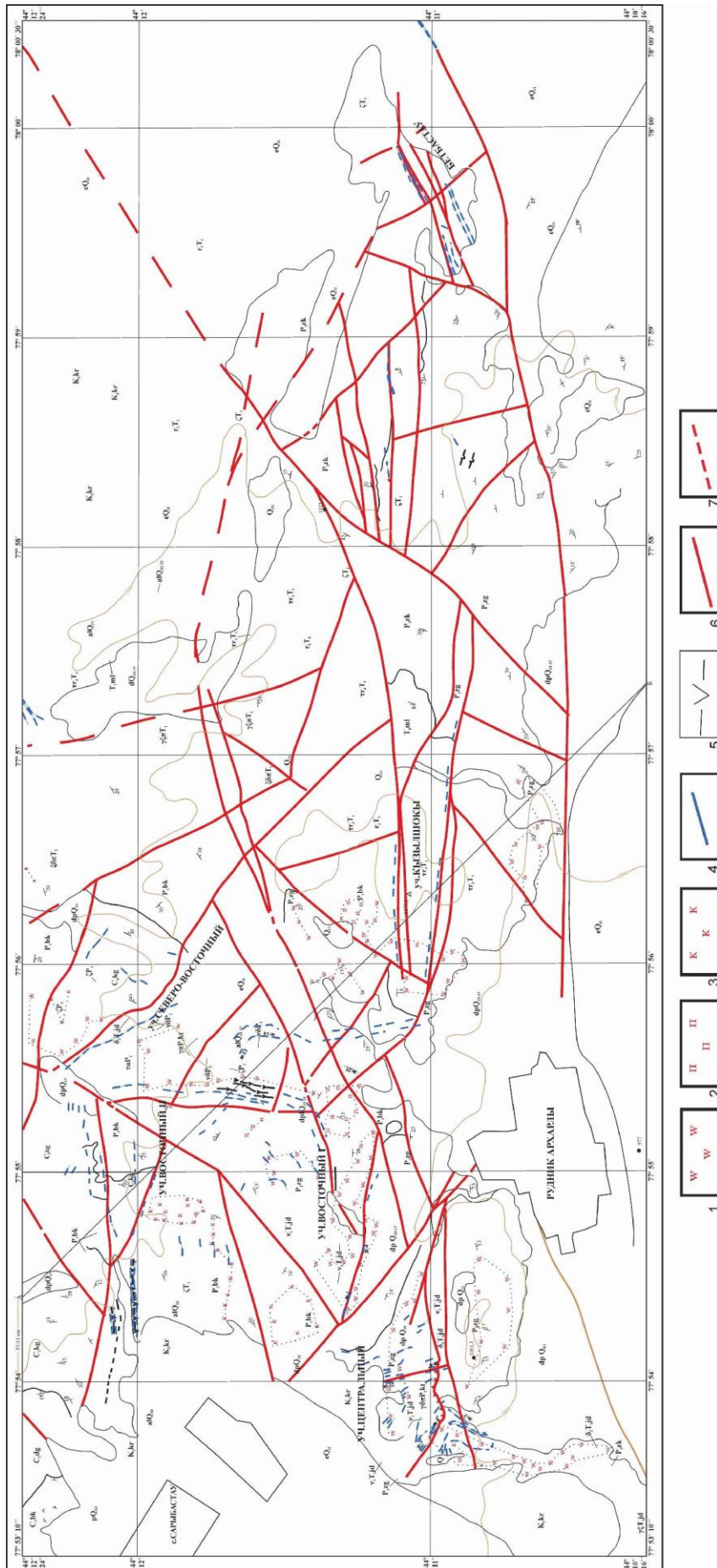


Рис. 2. Схема размещения разломов и зон гидротермальной проработки Архарлинского рудного поля.

Составили: Скринник Л.И., Умарбекова З.Т.

1 – вторичные кварциты; 2 – пропилиты; 3 – калишпатизированные породы; 4 – золотоносные кварцевые жилы; 5- дайки; 6 – разломы достоверные; 6 – разломы под покровом рыхлых отложений;

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Жаутиков Т.М., Алексеев В.А., Бекмагамбетов Д.Б., Бейсембаева Ж.Б., Жаутикова Г.Т., Рассадкин В.В., Умарбекова З.Т. Золото-серебряное оруденение Казахстана // Сборник трудов, посвященный XXXIII сессии МГК (Осло-Норвегия). - Алматы, 2008. - С.212-221.
- [2] Рафаилович М.С. Золото недр Казахстана: геология, металлогения, прогнозно-поисковые модели. Алматы, 2009 г.
- [3] Умарбекова З.Т., Гадеев Р.Р., Булегенов К.У., Аманбаев Р.А. Кварц-адуляровый золотосеребряный (Архарлинский) тип в вулканических толщах, Университет Сатпаева Алматы, Республика Казахстан 2018 г.с.7-12

Умарбекова З.Т.

Арқарлы рудалы торабының қалыптасу кезеңдері мен перспективалары

Резюме. Мақалада алтынды кендену тарапынан қызығушылық тудыратын Арқарлы рудалы торабы сипатталады. Рудалы тораптың геологиялық құрылым ерекшеліктері мен оның перспективалары келтірілген. Қалыптасу тарихы кезеңдері қарастырылған.

Тіректі сөздер. Арқарлы, алтын, минералогия, кварц-адуляр, формация, перспектива.

Umarbekova Z. T.

Formation stages and prospects of the Arkharly ore cluster

Summary. There describes the Arkharly ore cluster, interesting with respect to gold mineralization. The characteristics of the geological structure of the ore site and its prospects are given in the article. A number of stages in the formation history are considered.

Key words: Arkharly, gold, minerageny, quartz-adularia, formation, prospect.

УДК [556,3]

A. Dairzhanov

(«SPK Hydrogeology» LLP, Institute of geology and oil and gas business, Satpaev University, Almaty, Republic of Kazakhstan. E-mail: alendr@mail.ru)

CALCULATION OF HYDROGEOLOGICAL PARAMETERS BY THE NEUMAN INTERPOLATION METHOD

Abstract. In this paper, we study the results of calculations of hydrogeological parameters of the non-pressure medium-upper quaternary aquifer at the section «500/220/10 kV Substation «Aktogay» for household, drinking and industrial-technical water supply and analysis of the convergence of the results obtained. The main method for calculating the hydrogeological parameters in this paper is the interpolation method based on the work of Neuman - the belated reaction of the formation to the development of the depression funnel.

Key words: coefficient of water conductivity, estimated drawdown, non-pressure medium-upper quaternary aquifer, filtration coefficient.

А.Е. Даиржанов

(ТОО «СПК Гидрогеология», Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан, alendr@mail.ru)

РАСЧЕТ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДОМ ИНТЕРПОЛЯЦИИ НЕЙМАНА

Аннотация. В данной статье исследуются полученные результаты расчетов гидрогеологических параметров безнапорного средне-верхнечетвертичного водоносного горизонта на участке «ПС 500/220/10 кВ «Актогай» для хозяйственно-питьевого и производственно-технического водоснабжения и анализ сходимости полученных результатов. Основной метод расчета гидрогеологических параметров – метод интерполяции, основанный на работе Неймана [1] — запоздавшая реакция пласта на развитие депрессионной воронки.

Ключевые слова: коэффициент водопроницаемости, расчетное понижение, безнапорный средне-верхнечетвертичный водоносный горизонт, коэффициент фильтрации.

В безнапорном водоносном горизонте уровень воды в пьезометрах вблизи скважины уменьшается медленнее [2], чем в напорных водоносных горизонтах. Графики понижения уровней на логарифмическом масштабе

рифмической шкале обычно показывают типичную S-форму[3], из которой мы можем распознать три отдельных сегмента: крутой сегмент раннего времени, плоский промежуточный промежуток времени сегмент и относительно крутой поздний сегмент (рисунок 1). В настоящее время широко используемое объяснение этой S-образной кривой сокращения времени основано на концепции «Запоздалой реакции пласта» [4], которая была изучена Болтоном (1963), Нейманом (1979), Стрельцовой (1976) и Гамболати (1976). В соответствии с авторами:

- Крутой сегмент раннего времени охватывает только короткий период после начала откачки (часто только первые несколько минут). В начале откачки безнапорный водоносный горизонт реагирует так же, как и напорный водоносный горизонт: вода, откачиваемая из скважины мгновенно высвобождается путем расширения воды и уплотнения водоносного горизонта[5];

- Средний промежуточный сегмент отражает эффект осушения, который характеризуется понижением уровня грунтовых вод. Эффект осушения схож с перетеканием в напорных водах из выше-лежащего в нижележащий водоносный горизонт: увеличение понижения замедляется со временем. От несколько минут до нескольких часов откачки, кривая понижения уровня может приближаться к горизонтали [6], [7];

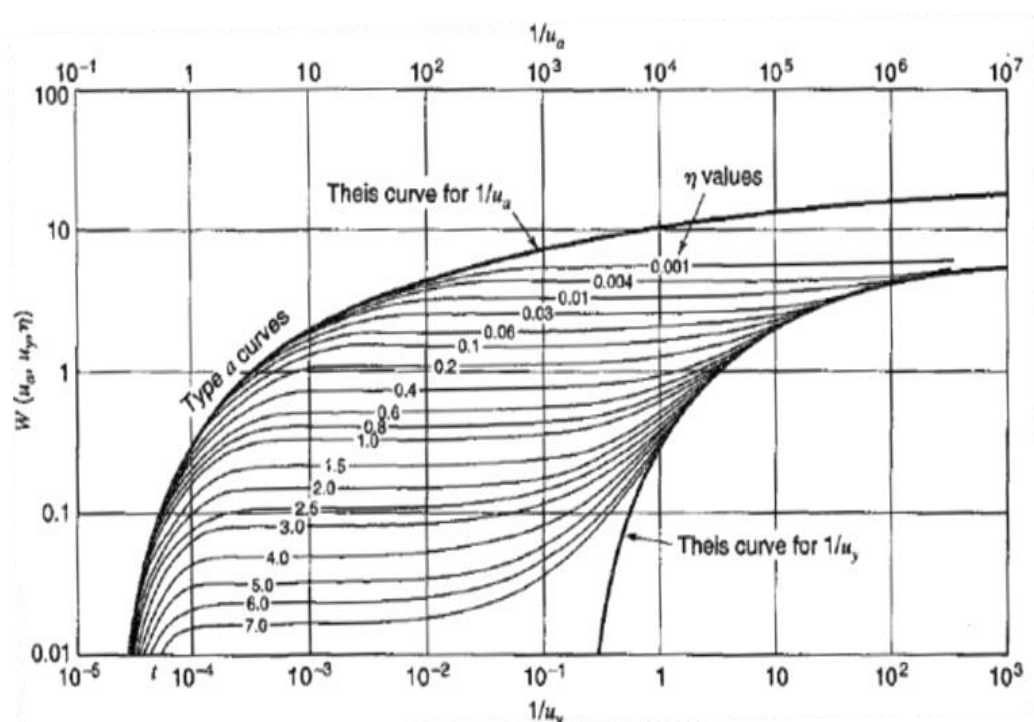


Рис. 1. Кривые распределения Неймана

- Относительно резкий поздний сегмент характеризуется к восстановлению горизонтального движения в водоносном горизонте. Зачастую в безнапорном пласте невозможно достичь истинно-установившегося режима вод. Тем не менее, разница понижений столь невелика, что ей можно пренебречь.

Метод основан на следующих предположениях и условиях:

- Безнапорный водоносный горизонт;
- Граничные условия принимаются как «безграничный пласт»;
- Водоносный горизонт выдержан по мощности в плане и разрезе, является однородным;
- Уровень грунтовых вод на площади развития депрессионной воронки перед откачкой горизонтальный;
- Откачка проводится с постоянным расходом;
- Скважина эксплуатирует полную мощность водоносного горизонта.

Метод Неймана позволяет определить основные гидрогеологические параметры [8], а также значения горизонтальной и вертикальной гидравлической проводимости, упругость S_A и коэффициент водоотдачи S_y .

Следует отметить, что необоснованно низкие значения S_y часто получаются вследствие пренебрежения водотока в капиллярной оболочке.

Во время проведения опытно-фильтрационных работ в скважинах №2 и №42, расположенные на расстоянии 10 м. и 90 м. соответственно от скважины №1 были выполнены наблюдения за изменением уровня подземных вод. Полученные данные сведены в таблице 1.

Таблица 1. Данные опытно-фильтрационных работ

Дата	Время, час	Центр скв. №1		1 ^{ая} наблюд. скв. №2		2 ^{ая} наблюд. скв. №42	
		дин.ур.	пониж.	дин.ур.	пониж.	дин.ур.	дин.ур.
20.12. 2017г	9:00	0	0	0	0	0	0
	2	2,98	0,40	2,58	0	2,6	0
	3	3,00	0,42	2,58	0	2,6	0
	4	3,00	0,42	2,58	0	2,6	0
	5	3,01	0,43	2,58	0	2,6	0
	6	3,04	0,46	2,58	0	2,6	0
	7	3,03	0,45	2,58	0	2,6	0
	8	3,06	0,48	2,58	0	2,6	0
	9	3,05	0,47	2,58	0	2,6	0
	10	3,05	0,47	2,58	0	2,6	0
	15	3,05	0,47	2,58	0	2,6	0
	25	3,04	0,46	2,58	0	2,6	0
	30	3,06	0,48	2,58	0	2,6	0
	35	3,06	0,48	2,58	0	2,6	0
	40	3,05	0,47	2,65	0,07	2,6	0
	50	3,07	0,49	2,69	0,11	2,6	0
	10:00	3,09	0,51	2,71	0,13	2,6	0
	10:30	3,10	0,52	2,74	0,16	2,6	0
	11:00	3,11	0,53	2,74	0,16	2,6	0
	11:30	3,12	0,54	2,75	0,17	2,6	0
	12:00	3,13	0,55	2,77	0,19	2,6	0
	12:30	3,10	0,52	2,78	0,2	2,6	0
	13:00	3,09	0,51	2,8	0,22	2,6	0
	14:00	3,10	0,52	2,81	0,23	2,6	0
	15:00	3,12	0,54	2,83	0,25	2,6	0
	16:00	3,12	0,54	2,84	0,26	2,61	0,01
	17:00	3,12	0,54	2,85	0,27	2,62	0,02
	19:00	3,10	0,52	2,87	0,29	2,63	0,03
	21:00	3,12	0,54	2,89	0,31	2,65	0,05
	23:00	3,12	0,54	2,9	0,32	2,66	0,06
	01:00	3,11	0,53	2,91	0,33	2,68	0,08
	03:00	3,12	0,54	2,92	0,34	2,69	0,09
	05:00	3,12	0,54	2,92	0,34	2,69	0,09
	07:00	3,15	0,57	2,92	0,34	2,71	0,11
21.12. 2017г	09:00	3,12	0,54	2,93	0,35	2,72	0,12
	11:00	3,13	0,55	2,93	0,35	2,73	0,13
	13:00	3,12	0,54	2,94	0,36	2,72	0,12
	15:00	3,12	0,54	2,94	0,36	2,72	0,12
	17:00	3,11	0,53	2,93	0,35	2,73	0,13
	19:00	3,12	0,54	2,94	0,36	2,72	0,12
	21:00	3,12	0,54	2,92	0,34	2,73	0,13
	23:00	3,16	0,58	2,93	0,35	2,73	0,13
	01:00	3,15	0,57	2,94	0,36	2,73	0,13
	03:00	3,12	0,54	2,94	0,36	2,73	0,13
	05:00	3,12	0,54	2,94	0,36	2,73	0,13
	07:00	3,12	0,54	2,94	0,36	2,73	0,13
22.12. 2017г	09:00	3,12	0,54	2,94	0,36	2,73	0,13

Суть метода исключения, предложенного Нейманом, заключается в том, что из равномерно распределенной базовой последовательности исключается часть чисел таким образом, чтобы оставшиеся числа подчинялись заданному закону [9], [10]. На рисунке 2 приведено изменение уровня грунтовых вод в наблюдательной скважине [11].

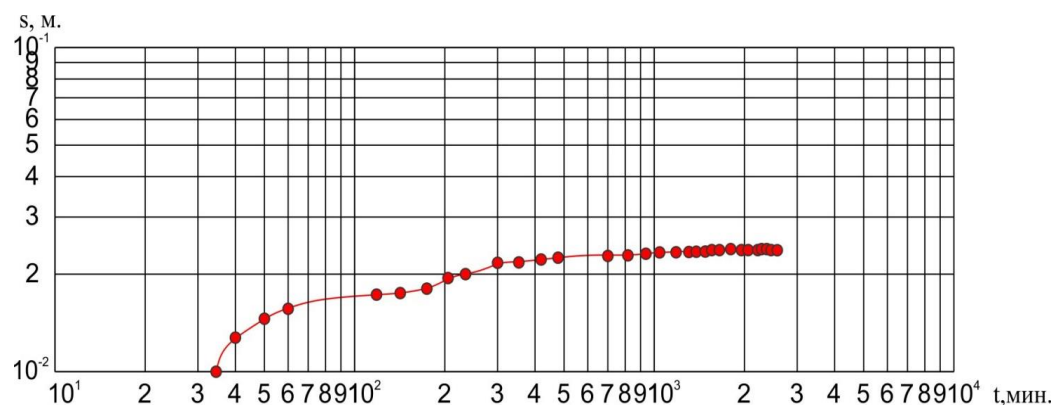


Рис. 2. График временного прослеживания снижения уровня в скважине №2: s – величина понижения в метрах, t — время в минутах

Формула расчета понижения в скважине методом Неймана

$$s = \frac{Q}{4\pi KH} W(u_a, u_b, \beta) \quad (1)$$

где Q – дебит, м³/сутки;

K – коэффициент фильтрации, м/сутки;

H – мощность водоносного горизонта, м;

$W(u_a, u_b, \beta)$ – функция Неймана.

В раннем сегменте формула (1) сокращается до

$$s = \frac{Q}{4\pi KH} W(u_a, \beta) \quad (2)$$

где $W(u_a, \beta)$ – функция Неймана для раннего сегмента.

$$u_a = \frac{r^2 S_A}{4KHt} \quad (3)$$

где r – расстояние от центральной скважины до наблюдательной, м;

S_A – упругость пласта;

t – время, дней.

В позднем сегменте формула (1) сокращается до

$$s = \frac{Q}{4\pi KH} W(u_b, \beta) \quad (4)$$

где $W(u_b, \beta)$ – функция Неймана для позднего сегмента.

$$u_b = \frac{r^2 S_Y}{4KHt}$$

где S_Y – коэффициент водоотдачи.

Методом интерполяции кривой распределения Неймана (рисунок 1) с графиком временного прослеживания снижения уровня в скважине №2 (рисунок 2) находим соответствующие значения для раннего сегмента; $\beta=0.03$, $u_a=1$, $s=0,014$ м., $t=29$ мин.

Подставляя значения в формулы (2) и (3) получаем:

$$KH = \frac{Q}{4\pi s} W(u_a, \beta) = \frac{240}{4 * 3,14 * 0,014} * 1 = 1365 \text{ м}^2/\text{сутки}$$

$$S_A = \frac{4KHtu_a}{r^2} = \frac{4 * 1365 * 0,02 * 1}{10^2} = 1,092$$

Для позднего сегмента находим соответствующие значения: $\beta=0,03$, $u_b=10$, $s=0,013$ м., $t=28$ мин. Исходя из формул (4) и (5) получаем:

$$KH = \frac{Q}{4\pi s} W(u_b, \beta) = \frac{240}{4 * 3,14 * 0,013} * 1 = 1470 \text{ м}^2/\text{сутки}$$

$$S_Y = \frac{4KHtu_b}{r^2} = \frac{4 * 1470 * 0,019 * 10}{10^2} = 11,17 = 0,11$$

Горизонтальный коэффициент фильтрации равен

$$K = \frac{KH}{H} = \left(\frac{1365 + 1470}{2} \right) / 37,42 = 37,9 \text{ м/сутки}$$

Вертикальный коэффициент фильтрации находим с помощью формулы

$$K_v = \frac{KH^2\beta}{r^2} = \frac{37,9 * (37,42)^2 * 0,03}{10^2} = 15,9 \text{ м/сутки}$$

Расчет гидрогеологических параметров методом интерполяции Неймана дает вполне схожие, но более реальные значения по сравнению с расчетами графоаналитическим методом по зависимости Джейкоба и Хорнера. Несмотря на достаточную сходимость значений коэффициентов фильтрации и водопроницаемости, коэффициент водоотдачи получился необоснованно заниженным, что сходится с многочисленными наблюдениями специалистов, применяющих данный метод [12], [13], [14], [15]. Исходя из этого, определение коэффициента водоотдачи данным методом является нежелательным.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Neuman, S.P. 1972. Theory of flow in unconfined aquifers considering delayed response of the watertable. Water Resources Res., Vol.1.8, pp. 1031-1045.
- [2] Neuman, S.P. 1973. Supplementary comments on Theory of flow in unconfined aquifers considering delayed response of the watertable. Water Resources Res., Vol. 9, pp. 1102-1103.
- [3] Neuman, S.P. 1975. Analysis of pumping test data from anisotropic unconfined aquifers considering delayed gravity response. Water Resources Res., Vol. 1 I, pp. 329-342.
- [4] Боровский Б.В., Самсонов Б.Г., Язвин Л.С. Методика определения параметров водоносных горизонтов по данным откачек. Изд.2-е, М., Недра, 1979.
- [5] Боровский Б.В., Дробноход Н.И., Язвин Н.С. Оценка запасов подземных вод. Киев, Выща школа, 1989г.
- [6] Боровский Б.В., Язвин Л.С. Гидрогеологические исследования в районах действующих водозаборов. Разведка и охрана недр.1982.
- [7] Бочеввер Ф.М. Расчеты эксплуатационных запасов подземных вод. М., Недра, 1968
- [8] Бочеввер Ф.М., Веригин Н.Н. Методическое пособие по расчетам эксплуатационных запасов подземных вод для водоснабжения. М. Госстройиздат,1961
- [9] Theis, C.V. 1935. The relation between the lowering of the piezometric surface and the rate and duration of discharge of a well using groundwater storage. Trans. Amer. Geophys. Union, Vol. 16, pp. 5 19-524.
- [10] Weeks, E.P. 1969. Determining the ratio of horizontal to vertical permeability by aquifer-test analysis. Water Resources Res., Vol. 5, pp. 196-214.
- [11] Wenzel, L.K. 1942. Methods for determining permeability of water-bearing materials, with special reference to discharging well methods. U.S. Geol. Survey, Water Supply Paper 887,192 pp.
- [12] Wit, K.E. 1963. The hydraulic characteristics of the Oude Korendijk polder, calculated from pumping test data and laboratory measurements of core samples (in Dutch). Inst. Land and Water Manag. Res.,
- [13] Wageningen, Report No. 190,24 pp.

[14] Witherspoon, P.A., J. Javandel, S.P. Neuman, and R.A. Freeze 1967. Interpretation of aquifer gas storage conditions from water pumping tests. Amer. Gas. Assoc. New York, 273 pp.

[15] Worthington, P.F. 1981. Estimation of the transmissivity of thin leaky-confined aquifers from single-well pumping tests. J. of Hydrol., Vol. 49, pp. 19-30

Даиржанов А.Е.

Гидрогеологиялық параметрлерін Нейман интерполяциясі әдісімен есептеу.

Түйіндеме. Бұл мақалада нәтижелерін жинақтылық ауыз және техникалық сумен жабдықтау және талдау үшін «ҚС 500/220/10 кВ «Ақтоғай» үшін су тұтқыш жиектерге жоғарғы бөлігінде орта жететін гидрогеологиялық параметрлерін алынған есептеулер нәтижелерін зерттейді. Депрессия шұңқыр дамыту үшін қалыптастыру баяу реакция - Нейман негізделген интерполяция әдісін - осы зерттеуге гидрогеологиялық параметрлерін есептеу үшін негізгі әдісі.

Түйінді сөздер: төмендеуі, жететін орта-жоғарғы сулы сүзу коэффициенті бағаланады, су өткізгіштік коэффициенті.

Dairzhanov A.

Calculation of hydrogeological parameters by the Neuman interpolation method

Summary. In this paper, we study the results of calculations of hydrogeological parameters of the non-pressure medium-upper quaternary aquifer at the section «500/220/10 kV Substation «Aktogay» for household, drinking and industrial-technical water supply and analysis of the convergence of the results obtained. The main method for calculating the hydrogeological parameters in this paper is the interpolation method based on the work of Neuman - the belated reaction of the formation to the development of the depression funnel.

Key words: coefficient of water conductivity, estimated drawdown, non-pressure medium-upper quaternary aquifer, filtration coefficient.

UDC 682(109)354

L.S. Nurabaeva

(Taraz state pedagogical university), Taraz, Kazakhstan

E-mail: lyazzat2781@mail.ru

THE ROLE OF THE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) IN THE IMPLEMENTATION OF MAPS

Abstract: The article is aimed at introducing teachers the role of the geographic information system in the implementation of maps. GIS – is the possibility of a new view of the world around us. If you do without generalizations and images, then GIS is a modern computer technology for mapping and analysis of real-world objects, as well as sales that occur on our planet. The technology combines traditional database operations, such as query and static analysis, which the map provides. GIS is a very convenient technology for preparing maps. That is if earlier geoinformation systems were consumers of cartographic information, now their role has changed: they become its suppliers. GIS is the preparation and publication of network mapping services.

Key words: Geographic information system, web map, web publication, ArcGIS system, GIS - technology.

Л.С. Нурабаева

(Таразский государственный педагогический университет, Тараз, Республика Казахстан)

E-mail: lyazzat2781@mail.ru

РОЛЬ ГИС В СОСТАВЛЕНИИ КАРТ

Аннотация: Географическая информационная система (ГИС) - это возможность нового взгляда на окружающий нас мир. Если обойтись без обобщений и образов, то ГИС - это современная компьютерная технология для картирования и анализа объектов реального мира, также событий, происходящих на нашей планете. Эта технология объединяет традиционные операции работы с базами данных, такими как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и географического анализа, которые предоставляет карта. ГИС – очень удобная технология для подготовки традиционных карт. То есть, если ранее геоинформационные системы были потребителями картографической информации, то теперь их роль изменилась: они становятся её поставщиками. ГИС – это подготовка и публикация сетевых картографических сервисов.

Ключевые слова: Географическая информационная система, веб-карта, веб-публикация, система ArcGIS, ГИС-технология

Традиционная картография включает три основных процесса: сбор данных, составление из них карт, цветоделение и печать. Первый процесс необходим в любой системе работы с информацией, в том числе и в ГИС, и в веб-проектах, а вот второй и третий – это как раз то поле, на котором сейчас буйным цветом расцветает веб-картография. Этот новый вид публикации карт и есть будущее традиционной картографии, естественно, с массой новшеств, возможных в новой технологии. Конечно, останется ниша и для бумажных карт: Интернет и компьютеры не везде есть или могут использоваться.

Хотя технология изготовления карт отлажена за многие десятилетия, использование ГИС в этом процессе открывает новые возможности. Прежде всего, это возможность многократного использования исходных данных, причем как для целей картосоставления, так и для применения в виде цифровых наборов данных в ГИС и электронных публикациях.

Многократное использование данных возможно для составления карт, различающихся как содержанием, так и оформлением, а также и масштабом. Например, один и тот же слой автодорог может использоваться при подготовке топографических, автомобильных, туристических, навигационных и других видов карт. Один и тот же набор слоев может быть показан с помощью разных систем условных знаков, что может использоваться в подготовке карт для различных групп потребителей. Кроме того, механизм картографических представлений ArcGIS позволяет менять не только условные знаки, но и сами правила отображения объектов. Наконец, инструменты генерализации позволяют существенно автоматизировать процесс создания карт более мелких масштабов. То есть, ГИС в картографии играет роль своеобразной мясорубки, способной трансформировать единый массив исходных данных в широкий спектр карт [1,2].

Использование ГИС в картосоставлении дает еще одну ценную возможность: отказ от использования бумажных карт как посредника в передаче пространственной информации. При этом не только устраняется не нужный, в общем-то, труд, но и уменьшается количество ошибок и погрешностей в конечном наборе данных, обусловленных целым рядом причин: сдвигом объектов с целью обеспечения читаемости карт, деформацией носителя, ненулевым размером символов, ошибками оцифровщиков и т.д. Так что будущее картографии не только в использовании новых технологий для изготовления "старых" карт, но и в выпуске нового вида продукции – наборов пространственных данных и цифровых карт на их основе. Причем эти цифровые карты будут уже не образами подготовленных ранее бумажных карт, а их источником, более точным, более полезным для потребителей.

Нельзя не упомянуть и о том, что база геоданных позволяет хранить данные в виде сплошного массива, без нарезки на листы номенклатуры. Это упрощает редактирование данных (объекты не разрезаны на части границами листов), а также позволяет вырезать из единого массива данных любую область для подготовки, например, карт административных образований или иных территорий, не совпадающих с листами разграфки.

Подготовка карт с помощью ГИС возможна и полезна еще и потому, что в таких развитых системах как ArcGIS имеется целый ряд инструментов, без которых привычную карту просто не получить: оптимизация размещения надписей, адаптивная штриховка и пунктир, разрешение конфликтов наложений символов, шаблоны компоновок и масса других возможностей, о которых постоянно рассказывают сотрудники DATA+ в своих докладах и статьях.

Как было отмечено выше, ГИС – очень удобная технология для подготовки традиционных карт. То есть, если ранее геоинформационные системы были потребителями картографической информации, то теперь их роль изменилась: они становятся её поставщиками. Это, пожалуй, наиболее существенное изменение взаимоотношений ГИС-технологии и картографии.

Еще одна новая роль ГИС – это подготовка и публикация сетевых картографических сервисов. Очевидно, что любая интерактивная веб-карта не возможна без подготовки набора данных, который она отображает в сети. В то же время, веб-публикация – отдельная задача, которая часто решается специализированным серверным приложением. Семейство ArcGIS сочетает в себе и средства подготовки данных, и средства публикации веб-карт. Причем инструментарий подготовки традиционных карт ArcGIS дает возможность создания веб-карт, не уступающих традиционным в плане оформления. А если добавить сюда возможность публикации еще и инструментов геообработки, которая появилась в версии 9.3, то становится ясно, что ГИС-технология вышла за рамки сообщества профессиональных пользователей и теперь открывает широчайшие возможности для массового использования пространственной информации всеми заинтересованными лицами [3-5].

Нетрудно заметить, что способов предоставления и источников картографической информации стало гораздо больше, чем было каких-то 15-20 лет назад. И хотя география как наука описания окружающего мира за это время сильно не изменилась, способов представления этих знаний стало

гораздо больше. Значительно изменились технологии сбора данных о местности, работы с ними, подготовки и публикации карт. Множеству традиционных методик нашлись электронно-цифровые замены и аналоги. Таким образом, благодаря геоинформационным технологиям картография приобрела совершенно новое лицо и содержание, и можно даже утверждать, что появилась новая дисциплина – неокартография.

Географическая информационная система (ГИС) - это возможность нового взгляда на окружающий нас мир. Если обойтись без обобщений и образов, то ГИС - это современная компьютерная технология для картирования и анализа объектов реального мира, также событий, происходящих на нашей планете. Эта технология объединяет традиционные операции работы с базами данных, такими как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и географического (пространственного) анализа, которые предоставляет карта. Эти возможности отличают ГИС от других информационных систем и обеспечивают уникальные возможности для ее применения в широком спектре задач, связанных с анализом и прогнозом явлений и событий окружающего мира, с осмыслением и выделением главных факторов и причин, а также их возможных последствий, с планированием стратегических решений и текущих последствий предпринимаемых действий.

Создание карт и географический анализ не являются чем-то абсолютно новым. Однако технология ГИС предоставляет новый, более соответствующий современности, более эффективный, удобный и быстрый подход к анализу проблем и решению задач, стоящих перед человечеством в целом, и конкретной организацией или группой людей, в частности. Она автоматизирует процедуру анализа и прогноза. До начала применения ГИС лишь немногие обладали искусством обобщения и полноценного анализа географической информации с целью обоснованного принятия оптимальных решений, основанных на современных подходах и средствах.

В настоящее время ГИС - это многомиллионная индустрия, в которую вовлечены сотни тысяч людей во всем мире. ГИС изучают в школах, колледжах и университетах. Эту технологию применяют практически во всех сферах человеческой деятельности - будь то анализ таких глобальных проблем как перенаселение, загрязнение территории, сокращение лесных угодий, природные катастрофы, так и решение частных задач, таких как поиск наилучшего маршрута между пунктами, подбор оптимального расположения нового офиса, поиск дома по его адресу, прокладка трубопровода на местности, различные муниципальные задачи [6-8].

Составные части ГИС. Работающая ГИС включает в себя пять ключевых составляющих: аппаратные средства, программное обеспечение, данные, исполнители и методы. Аппаратные средства. Это компьютер, на котором запущена ГИС. В настоящее время ГИС работают на различных типах компьютерных платформ, от централизованных серверов до отдельных или связанных сетью настольных компьютеров.

Программное обеспечение ГИС содержит функции и инструменты, необходимые для хранения, анализа и визуализации географической (пространственной) информации. Ключевыми компонентами программных продуктов являются: инструменты для ввода и оперирования географической информацией; система управления базой данных (DBMS или СУБД); инструменты поддержки пространственных запросов, анализа и визуализации (отображения); графический пользовательский интерфейс (GUI или ГИП) для легкого доступа к инструментам.

Данные. Это вероятно наиболее важный компонент ГИС. Данные о пространственном положении (географические данные) и связанные с ними табличные данные могут собираться и подготавливаться самим пользователем, либо приобретаться у поставщиков на коммерческой или другой основе. В процессе управления пространственными данными ГИС интегрирует пространственные данные с другими типами и источниками данных, а также может использовать СУБД, применяемые многими организациями для упорядочивания и поддержки имеющихся в их распоряжении данных.

Исполнители. Широкое применение технологии ГИС невозможно без людей, которые работают с программными продуктами и разрабатывают планы их использования при решении реальных задач. Пользователями ГИС могут быть как технические специалисты, разрабатывающие и поддерживающие систему, так и обычные сотрудники (конечные пользователи), которым ГИС помогает решать текущие каждодневные дела и проблемы.

Методы. Успешность и эффективность (в том числе экономическая) применения ГИС во многом зависит от правильно составленного плана и правил работы, которые составляются в соответствии со спецификой задач и работы каждой организации.

ГИС хранит информацию о реальном мире в виде набора тематических слоев, которые объединены на основе географического положения. Этот простой, но очень гибкий подход доказал свою ценность при решении разнообразных реальных задач: для отслеживания передвижения транспортных средств и материалов, детального отображения реальной обстановки и планируемых мероприятий, моделирования глобальной циркуляции атмосферы.

Любая географическая информация содержит сведения о пространственном положении, будь то привязка к географическим или другим координатам, или ссылки на адрес, почтовый индекс, избирательный округ или округ переписи населения, идентификатор земельного или лесного участка, название дороги и т.п. При использовании подобных ссылок для автоматического определения местоположения или местоположений объекта (объектов) применяется процедура, называемая геокодированием. С ее помощью можно быстро определить и посмотреть на карте где находится интересующий вас объект или явление, такие как дом, в котором проживает ваш знакомый или находится нужная вам организация, где произошло землетрясение или наводнение, по какому маршруту проще и быстрее добраться до нужного вам пункта или дома [9, 10].

Векторная и растровая модели. ГИС может работать с двумя существенно отличающимися типами данных - векторными и растровыми. В векторной модели информация о точках, линиях и полигонах кодируется и хранится в виде набора координат X,Y. Местоположение точки (точечного объекта), например буровой скважины, описывается парой координат (X,Y). Линейные объекты, такие как дороги, реки или трубопроводы, сохраняются как наборы координат X,Y. Полигональные объекты, типа речных водосборов, земельных участков или областей обслуживания, хранятся в виде замкнутого набора координат. Векторная модель особенно удобна для описания дискретных объектов и меньше подходит для описания непрерывно меняющихся свойств, таких как типы почв или доступность объектов. Растровая модель оптимальна для работы с непрерывными свойствами. Растровое изображение представляет собой набор значений для отдельных элементарных составляющих (ячеек), оно подобно отсканированной карте или картинке. Обе модели имеют свои преимущества и недостатки. Современные ГИС могут работать как с векторными, так и с растровыми моделями [11].

Задачи, которые решает ГИС. ГИС общего назначения, в числе прочего, обычно выполняет пять процедур (задач) с данными: ввод, манипулирование, управление, запрос и анализ, визуализацию.

Ввод. Для использования в ГИС данные должны быть преобразованы в подходящий цифровой формат. Процесс преобразования данных с бумажных карт в компьютерные файлы называется оцифровкой. В современных ГИС этот процесс может быть автоматизирован с применением сканерной технологии, что особенно важно при выполнении крупных проектов, либо, при небольшом объеме работ, данные можно вводить с помощью дигитайзера. Многие данные уже переведены в форматы, напрямую воспринимаемые ГИС-пакетами.

Манипулирование. Часто для выполнения конкретного проекта имеющиеся данные нужно дополнительно видоизменить в соответствии с требованиями вашей системы. Например, географическая информация может быть в разных масштабах (осевые линии улиц имеются в масштабе 1: 100 000, границы округов переписи населения - в масштабе 1: 50 000, а жилые объекты - в масштабе 1: 10 000). Для совместной обработки и визуализации все данные удобнее представить в едином масштабе. ГИС-технология предоставляет разные способы манипулирования пространственными данными и выделения данных, нужных для конкретной задачи.

Управление. В небольших проектах географическая информация может храниться в виде обычных файлов. Но при увеличении объема информации и росте числа пользователей для хранения, структурирования и управления данными эффективнее применять системы управления базами данных (СУБД), то специальными компьютерными средствами для работы с интегрированными наборами данных (базами данных). В ГИС наиболее удобно использовать реляционную структуру, при которой данные хранятся в табличной форме. При этом для связывания таблиц применяются общие поля. Этот простой подход достаточно гибок и широко используется во многих, как ГИС, так и не ГИС приложениях.

Запрос и анализ. При наличии ГИС и географической информации Вы сможете получать ответы простые вопросы (Кто владелец данного земельного участка? На каком расстоянии друг от друга расположены эти объекты? Где расположена данная промзона?) и более сложные, требующие дополнительного анализа, запросы (Где есть места для строительства нового дома? Каков основной тип почв под еловыми лесами? Как повлияет на движение транспорта строительство новой дороги?). Запросы можно задавать как простым щелчком мышью на определенном объекте, так и с посредством развитых аналитических средств [12, 13].

Визуализация. Для многих типов пространственных операций конечным результатом является представление данных в виде карты или графика. Карта - это очень эффективный и информативный способ хранения, представления и передачи географической (имеющей пространственную привязку) информации. Раньше карты создавались на столетия. ГИС предоставляет новые удивительные инструменты, расширяющие и развивающие искусство и научные основы картографии. С ее помощью визуализация самих карт может быть легко дополнена отчетными документами, трехмерными изображениями, графиками и таблицами, фотографиями и другими средствами, например, мультимедийными.

Связанные технологии. ГИС тесно связана рядом других типов информационных систем. Ее основное отличие заключается в способности манипулировать и проводить анализ пространственных данных. Хотя и не существует единой общепринятой классификации информационных систем, приведенное ниже описание должно помочь дистанцировать ГИС от настольных картографических систем (desktop mapping), систем САПР (CAD), дистанционного зондирования (remote sensing), систем управления базами данных (СУБД или DBMS) и технологии глобального позиционирования (GPS) [14].

Системы настольного картографирования используют картографическое представление для организации взаимодействия пользователя с данными. В таких системах все основано на картах, карта является базой данных. Большинство систем настольного картографирования имеет ограниченные возможности управления данными, пространственного анализа и настройки. Соответствующие пакеты работают на настольных компьютерах - PC, Macintosh и младших моделях UNIX рабочих станций.

Дистанционное зондирование и GPS. Методы дистанционного зондирования - это искусство и научное направление для проведения измерений земной поверхности с использованием сенсоров, таких как различные камеры на борту летательных аппаратов, приемники системы глобального позиционирования или других устройств. Эти датчики собирают данные в виде изображений и обеспечивают специализированные возможности обработки, анализа и визуализации полученных изображений. Ввиду отсутствия достаточно мощных средств управления данными и их анализа, соответствующие системы вряд ли можно отнести к настоящим ГИС.

Системы управления базами данных предназначены для хранения и управления всеми типами данных, включая географические (пространственные) данные. СУБД оптимизированы для подобных задач, поэтому во многие ГИС встроена поддержка СУБД. Эти системы не имеют сходных с ГИС инструментов для анализа и визуализации.

Создание карт. Картам в ГИС отведено особое место. Процесс создания карт в ГИС намного более прост и гибок, чем в традиционных методах ручного или автоматического картографирования. Он начинается с создания базы данных. В качестве источника получения исходных данных можно пользоваться и оцифровкой обычных бумажных карт. Основанные на ГИС картографические базы данных могут быть непрерывными (без деления на отдельные листы и регионы) и не связанными с конкретным масштабом. На основе таких баз данных можно создавать карты (в электронном виде или как твердые копии) на любую территорию, любого масштаба, с нужной нагрузкой, с ее выделением и отображением требуемыми символами. В любое время база данных может пополняться новыми данными (например, из других баз данных), а имеющиеся в ней данные можно корректировать по мере необходимости. В крупных организациях созданная топографическая база данных может использоваться в качестве основы другими отделами и подразделениями, при этом возможно быстрое копирование данных и их пересылка по локальным и глобальным сетям [15].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Грюнберг Г.Ю. Картография с основами топографии. Учебное пособие для педагогических вузов. - Москва. 2000. - С. 77-83.
- [2] Добрякова В.А. Основы MAPINFO. Методические указания по курсу "Географические информационные системы". - Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2002. С.35- 38.
- [3] Лапкина Н.А. Практические работы по топографии и картографии. - Москва. 2007.С. 60
- [4] Қалыбеков Г. Геодезия мен топография негіздері. Алматы, Ана тілі 2013. 45-52 б.
- [5] Оку топографиялық карталар масштаб: 1:10000, 1:25000, 1:50000.
- [6] Герасимов И.П. Очерки физической географии Казахстана. - Алма-Ата: Наука, 2004. - С 203-208.
- [7] Джаналеева Г.М. Физическая география Республики Казахстан. - Астана: Ену им. Гумилева, Аркас, 2010. - 592 с.
- [8] Сваричевская, З. А. Геоморфология Казахстана и Средней Азии. - Москва. Изд-во ЛГУ, 2010. - С. 277-281 с.

- [9] Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований. – Москва, «Академия», 2004. – С. 325-336.
- [10] Южанов В.С. Картография с основами топографии. - Москва. Высш.Шк., 2015. С. 28-30
- [11] GIS-Lab: NDVI - [теория] и практика / Интернет-ресурс. - Режим доступа: <http://gislab.info/qa/ndvi.html>.
- [12] Annikova Yu., Vladimirov A. G., Smirnov S. Z., Gavryshkina O. A. Geology and mineralogy of the Alakha spodumene granite porphyry deposit, Gorny Altai, Russia // *Geology of ore deposits*. 2016. Vol. 58, № 5. P. 404-426.
- [13] Dyachkov B. A., Zimanovskaya N. A., Mataibayeva I. E. Rare metal deposits of East Kazakhstan: Geologic Position and Prognostic Criteria // *Open Journal of Geology*, 2013, №3, pp. 404-409.
- [14] Zagorsky V. Ye., Vladimirov A. G., Makagon V. M., Kuznetsova L. G. Large fields of spodumenepegmatites in the settings of rifting and postcollisional shear-pull-apart dislocation of continental lithosphere // *Russian Geology and Geophysics* 55 (2014), pp. 237-251.
- [15] Zou Tianren, Cao Huizhf Wu Boping. Pegmatites of Altai province, Xinjiang // *Acta Geol. Sinica*. -1989. Vo. 2. № 1.-P.45.

Нурабаева Л.С.

Географиялық ақпараттық жүйенің карта жасаудағы ролі

Түйіндеме: Географиялық ақпараттық жүйе – бұл өмірге жаңаша көзқараспен қараудың мүмкіндігі. ГАЖ – бұл карта жасаудың және ғаламшардағы болып жатқан жаңалықтарды компьютерге ендірудің заманауи түрі. Бұл технология дәстүрлі статистикалық және санақ мәліметтерін қамтып, географиялық сараптамалар негізінде картаны жасайды. ГАЖ – бұл өте ыңғайлы карта жасаудың технологиясы. Егер бұрынғы уақытта геоақпараттық картографиялық мәліметтерді пайдаланса, қазіргі уақытта бұл мәліметтерді компьютерге ендіріп, дайын дүниені пайдаланады. ГАЖ – бұл картографиялық мәліметтердің ақпараттық жүйесі.

Түйін сөздер: Географиялық ақпараттық жүйе (ГАЖ), веб-карта, веб-баспасы, ArcGIS жүйесі, ГАЖ технологиясы

Nurabaeva L.S.

The role of the geographic information system in the implementation of maps

Summary: The article is aimed at introducing teachers the role of the geographic information system in the implementation of maps. GIS – is the possibility of a new view of the world around us. If you do without generalizations and images, then GIS is a modern computer technology for mapping and analysis of real-world objects, as well as sales that occur on our planet. The technology combines traditional database operations, such as query and static analysis, which the map provides. GIS is a very convenient technology for preparing maps. That is if earlier geoinformation systems were consumers of cartographic information, now their role has changed: they become its suppliers. GIS is the preparation and publication of network mapping services.

Key words: Geographic information system, web map, web publication, ArcGIS system, GIS - technology.

УДК 911.5

Е. Кабиев, Ж.Г. Берденов, М.Н. Мусабеева, Е.Х. Мендыбаев, Ж.И. Инкарова

LANDSCAPE ANALYSIS OF THE DELTA OF THE RIVER ZHAYYK

Abstract. The scientific article presents a landscape analysis of the delta territory in consideration of anthropogenic transformation of natural environmental components. By employing geographic information technologies (software support, satellite data), up-to-date landscape map of the Ural delta were created. The obtained results of the research can be applied to solve the problems of territorial planning and geoecological research of the given territory

Keywords: river delta, landscape, landscape analysis

¹Е. Кабиев, ²Ж.Г. Берденов, ³М.Н. Мусабеева, ⁴Е.Х. Мендыбаев, ⁵Ж.И. Инкарова

(¹²³⁵Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г.Астана, Республика Казахстан

⁴Актюбинский региональный государственный университет им. К. Жубанова,
Актобе, Республика Казахстан)

ЛАНДШАФТНЫЙ АНАЛИЗ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ЖАЙЫК

Аннотация. В научной статье приведен ландшафтный анализ дельтовой территории с учетом антропогенной трансформации компонентов природной среды. Используя методы геоинформационных технологий

(программные обеспечения, космические снимки), была составлена современная расширенная ландшафтная карта дельты реки Жайык. Полученные результаты исследования могут быть применены для решения задач территориального планирования и геоэкологического исследования данной территории.

Ключевые слова: дельта реки, ландшафт, ландшафтный анализ.

Введение

В настоящее время ландшафтный анализ рассматривается как один из важнейших методов изучения природного потенциала территории, учитывающий структурные и функционально-динамические особенности природных комплексов различного таксономического ранга. В настоящее время все более усиливающееся антропогенное воздействие на территорию дельтовой зоны р.Жайык оказывает значительное влияние на свойства всех ландшафтных компонентов и ландшафтов в целом, а в некоторых случаях обуславливает возникновение новых антропогенных модификаций. Можно отметить, что практически все современные ландшафты региона в той или иной степени антропогенно преобразованы и потеряли свой первоначальный облик [1]. О ведущей роли антропогенного фактора в формировании новых и изменении существующих природных комплексов писал еще Ф.Н. Мильков. По его мнению, антропогенными ландшафтами следует считать как заново созданные человеком, так и те природные комплексы, в которых коренному изменению под влиянием человека подвергся любой из компонентов, в том числе растительный и животный мир [2].

В конечном счёте ландшафтный анализ дает возможность изучения сложившейся в каком-либо регионе экологической ситуации, которая предопределяет современное состояние ландшафтных комплексов и зависит от соразмерности проектируемых социальных функций и естественных свойств ландшафтных комплексов, их устойчивости [3].

Ландшафтный анализ территории ориентирован на изучение взаимосвязей между компонентами природной среды, населением и хозяйством посредством формализованной оценки, т.е. применения набора аналитических и синтетических показателей, имеющих количественное выражение, прямо или косвенно характеризующих степень устойчивости ландшафтных комплексов [4].

Территория исследования

В 1935 г. дельта р. Урал была представлена 7–10 основными рукавами: Большой Яицкий, Малый Яицкий, Золотой, Зарослый, Бухарка, Перетаска. Главным рукавом, как и в настоящее время, был Золотой, а г. Атырау располагался в 18 км от моря. В результате снижения уровня моря к 1977 г. левобережные протоки Перетаска, Бухарка, Зарослый и Золотёнок заилились и в настоящее время представляют собой бессточные сухие ложбины.

Сегодня современная дельта Урана начинается у села Зеленого, более чем за 170 км до современного устья реки. Ширина реки постепенно увеличивается от 10-15 км у пос. Зеленого до 60 км в устье. До города Атырау уральская дельта имеет вид обычной речной долины. Здесь от русла отделяются оттоки реки Марынка и реки Баксай, наполняющиеся водами Урала лишь в многоводные годы. По Золотому рукаву проходит речная часть Урало-Каспийского канала, которая далее на протяжении 16 км на устьевом взморье переходит в морскую часть канала с глубинами до 1,8 м. Этот канал соединяет устье р. Урал с Уральской бороздиной – самой глубокой областью восточной части Северного Каспия. Уральская бороздина является продолжением подводного русла р. Урал и выработана рекою при более низком стоянии уровня моря. Так же, как и в нижнем течении вдоль реки, следует прирусловая пойма шириной от 0,5 до 3 км, ее высота над меженным уровнем реки постепенно снижается и составляет от 6-7 м у поселка Тополи до 2 м у поселка Кандауровка, расположенных соответственно за 156 и 24 км до города Атырау.

В целом район исследований расположен в южной части Прикаспийской впадины и включает современную дельту реки Урал и прилегающую мелководную часть моря, расположенные на отрицательных абсолютных отметках от –27 м (современный фоновый уровень моря) до – 23 м на суше и до – 29м на море. Протяженность исследуемой территории с северо-запада на юго-восток составляет 85,2 км при средней ширине в 43 км, площадь 2 751,6 км².

Материалы и методы исследования

При сборе и анализе материалов использовались традиционные методы географических исследований. Решение основной цели работы – дать характеристику антропогенной измененности дельтовой части бассейна реки Урал основывалось на применении сравнительно-географического, ландшафтно-картографического анализа, экспедиционного и других методов исследований динамичных природных объектов.

Исследование ландшафтов является наиболее общим выражением системного подхода к природе [4, с.40-48]. Ландшафт представляет собой иерархию природных образований различных пространственно-временных масштабов, совокупность взаимосвязанных природных компонентов (литогенной основы, воздушных масс, природных вод, почв, растительности и животного мира) в форме территориальных образований различного иерархического ранга [5].

Между компонентами ландшафта осуществляется вещественно-энергетический и информационный обмен, называемый – биогеохимический круговорот веществ, характеризующий ландшафт как целостную геосистему. Информационные взаимосвязи в ландшафтах прослеживаются как в пространстве, так и во времени. Суть их состоит в передаче территориального и временного упорядоченного разнообразия одними природными компонентами другим [6].

Существует много вариантов классификации антропогенных ландшафтов, построенных на основе учета степени антропогенного преобразования природного ландшафта, генезиса, целей использования, хозяйственной ценности и др. Например, А.Г. Исаченко выделяет четыре группы ландшафтов по степени изменения их хозяйственной деятельностью: 1) условно измененные, или первобытные; 2) слабо измененные; 3) нарушенные (сильно измененные); 4) собственно культурные, или рационально преобразованные, ландшафты [7].

Классификация современных ландшафтов по характеру хозяйственного воздействия включает в себя природные ландшафты (коренные и вторичные), антропогенные модификации природных ландшафтов (рекреационные, пастбищные и др.) и техногенные комплексы (водохозяйственные, промышленные, селитебные) [8].

Результаты и их обсуждение

Исследования проводились в летний период 2016-2017 года. Исходными данными явились топографические цифровые карты масштаба 1:100 000, космические снимки Landsat 8 разрешением 15-30 м., а также опубликованные фондовые данные [9].

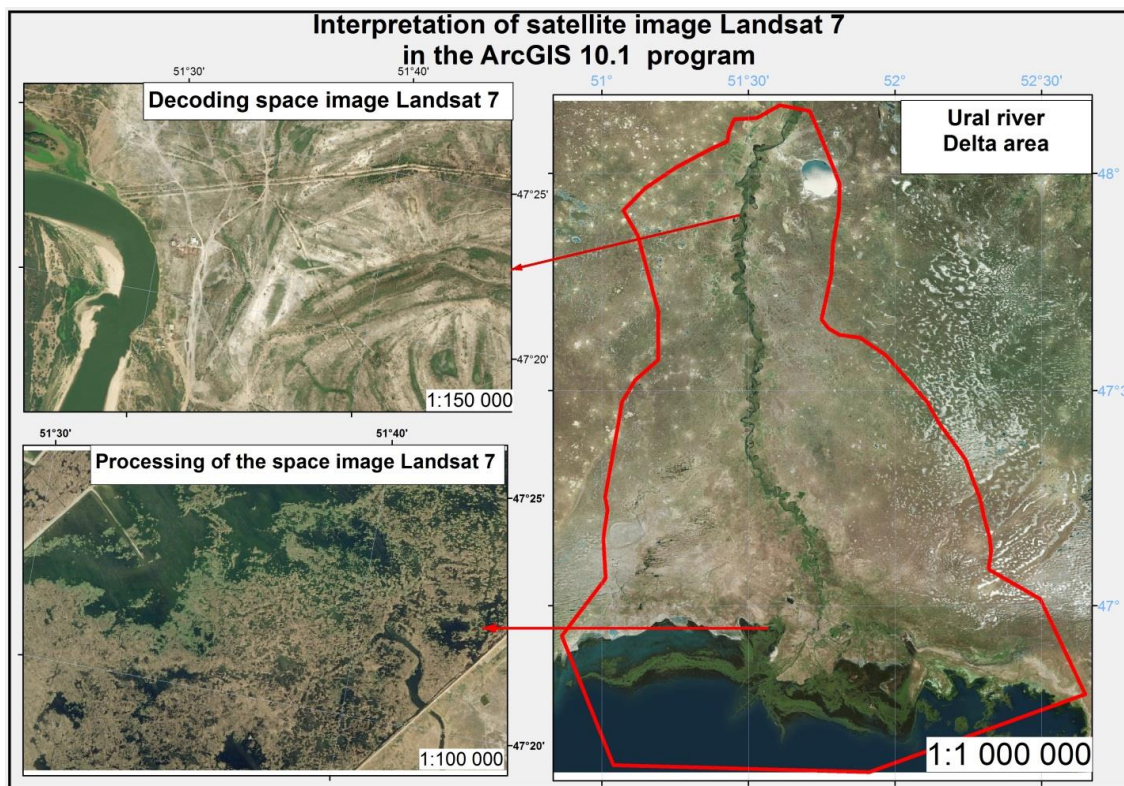


Рис. 1. Работа по космо-снимкам Landsat 7

Цифровые снимки были использованы для обновления информации по береговой линии, дорожно-транспортной сети, населенным пунктам, площадям сельхозосвоения и т.д. Дешифрирование проводилось методом обучаемой классификации, которое дополнялось и корректировалось экспертным путем.

Район исследований расположен в южной части Прикаспийской впадины на отрицательных абсолютных отметках поверхности от – 27 м. В геологическом разрезе района исследования выделяют фундамент и платформенный осадочный чехол. Кристаллические породы фундамента в пределах участка располагаются на глубинах 7-8 км. В строении осадочного чехла различают подсолевой, солевой и надсолевой комплексы. Надсолевой комплекс представлен породами от верхнепермских до четвертичных включительно. Это преимущественно глинисто-песчанистые толщи с прослоями известняков и мергелей

Относительно более расчлененным выглядит рельеф современных аллювиально-дельтовых равнин, развитых по обоим берегам русла р. Урал ниже по течению г. Атырау. Поверхность равнины осложнена дельтовыми протоками, старицами, многочисленными балками. Ширина развития равнины на севере участка составляет 17 км, юго-западнее она сужается, протяженность ее в данном направлении составляет 14 км. Дельтовые равнины сложены суглинками супесями и песками, мощностью до 3 м., которые подстилаются морскими позднехвалынскими глинистыми отложениями.

Исследуемая территория относится к Арало-Каспийской провинции пустынной зоны, где зональным типом почв являются бурые пустынные почвы. Морфогенетические свойства почв и структура почвенного покрова обследованной территории определяются не только зональными факторами, но в большей степени определяется ролью гидрологических факторов.

При дешифрировании были получены современные карты расположения населенных пунктов, дорог, хозяйственных построек и т.д. Основываясь на принципах построения иерархической структуры геоморфов путем интеграции структурных и структурно-динамических показателей, с учетом изученности фондовых материалов с использованием ландшафтного профилирования и эталонирования на ключевых участках нами была составлена ландшафтная ката дельты реки Урал в масштабе 1: 500 000 (рисунок 2) и дано полное описание ландшафтов.

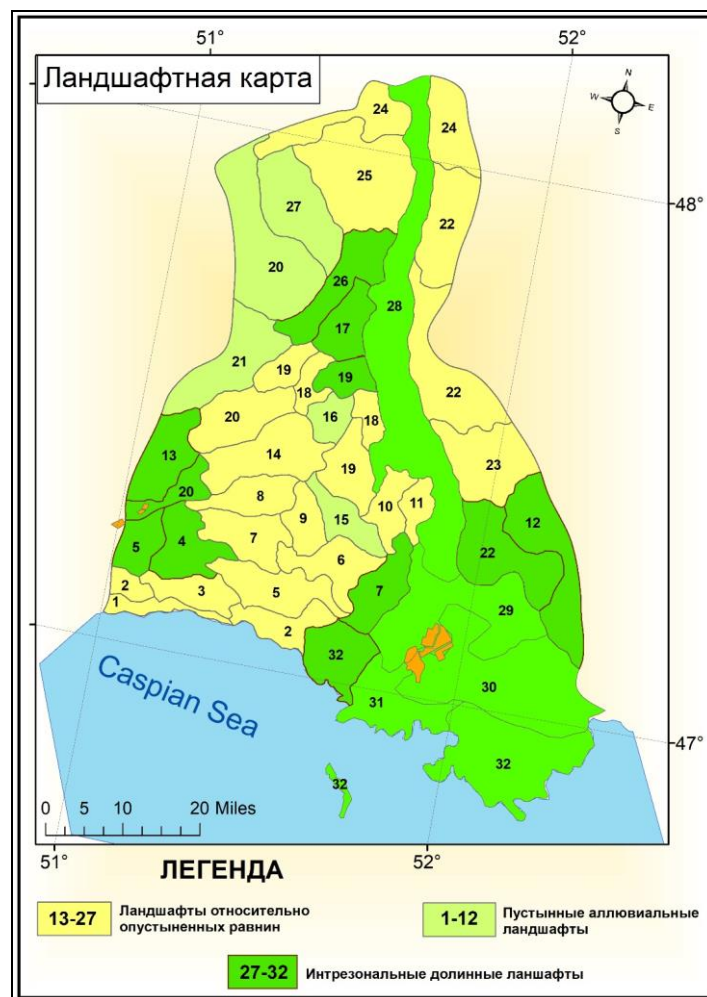


Рис. 2. Ландшафтная карта дельты реки Жайык

Легенда к ландшафтной карте

Категория	Класс	Название ландшафта	№ в легенде
Пустынные	Первичный морской	Первичная морская выположенная слаборасчлененная равнина, сложенная глинами, суглинками, песками с однолетнесолянковой, клубнекомышовой, комышовой и тростниковой растительностью на лугово-болотных, солончаковых почвах, в сочетании с солончаками и примитивными морскими почвами	1
		Первичная морская слабонаклонная равнина, сложенная глинами, суглинками, песками с солеросовой, сарсазановой в сочетании с тростниковой растительностью на солончаках маршевых, местами вторичных, в сочетании с приморскими.	2
	Гидроморфные	Первичная слабонаклонная равнина, сложенная глинами, суглинками, песками с солеросовой, сарсазановой в сочетании с тростниковой растительностью на лугово-бурых засоленных почвах, в сочетании с солончаками, местами на лугово-болотных засыхающих почвах.	3
Полупустынные	Морской	Первичная морская выположенная слаборасчлененная равнина, сложенная глинами, суглинками, песками с бескельницовой и полынной растительностью на лиманных и луговых почвах в сочетании с солончаками	4
		Первичная морская выположенная слаборасчлененная равнина, сложенная глинами, суглинками, песками с однолетнесолянковой, с бескельницовой и полынной растительностью на бурых пустынных засоленных почвах.	5
		Первичная морская слабонаклонная равнина, осложненная соровыми понижениями и редкими денудационными останками, сложенная глинами, суглинками, песками с однолетнесолянковой, с бескельницовой и полынной и тамарисковой растительностью на солончаках отакыранных в комплексе с лиманными луговыми почвами	6
		Морская поздненовокаспийская равнина сложенная соровыми понижениями с преобладанием бескильницевых лугов с гребенщиком (<i>Puccinellia distans</i> , <i>Tamarix ramosissima</i> , <i>Tamarix laxa</i>) на луговых солончаковатых почвах в сочетании с сарсазанниками (<i>Halocnemum strobilaceum</i>)	7
		Первичная морская слабонаклонная равнина с преобладанием сарсазановых (<i>Halocnemum strobilaceum</i>) и тамарисковых зарослей на солонцах луговых	8
		Первичная морская слабонаклонная равнина, подверженные сгонно-нагонным явлениям сложенная глинами и песками с полынной и тамарисковой растительностью с участками антропогенных жантаковых, мортыковых сообществ на лугово-бурых пустынных нормальных почвах	9
		Первичная морская слабонаклонная равнина, осложненная соровыми понижениями сложенная глинами и песками с полынной и тамарисковой растительностью с участками антропогенных жантаковых, мортыковых сообществ на бурых засоленных и луговых орошаемых почвах	10
		Первичная морская слабонаклонная слаборасчлененная равнина, сложенная глинами, суглинками с разреженной сарсазановой, бескильницевой растительностью на приморских и маршевых солончаках	11
		Морская слабонаклонная слаборасчлененная равнина с соровыми, суффозионными и озерными понижениями, сложенная глинами, суглинками и песками с биюргуново, полынно-биюргуновой на солонцах пустынных	12

Аллювиальные	Пустынные	Аллювиальная слабовогнутая равнина, осложненная озерными и соровыми понижениями, сложенная глинами с прослоями разномеристых песков биюргуновой, кокпеково-полынной местами сарсазановой растительностью на солонцах пустынных	13
		Слабонаклонная равнина сложенная суглинками с ажрековой, вострецово-местами однолетнесолянковой растительностью на лиманах луговых и солонцах луговых	14
		Аллювиальная слабонаклонная равнина, осложненная понижениями, сложенная глинами, суглинками с прослоями и разномеристых песков с луговой, местами лерхопопынно-пустынно житняково-тырсиговой растительностью на лиманных луговых обсыхающих почвах	15
		Аллювиальная слабонаклонная равнина, осложненная понижениями, сложенная глинами, суглинками с прослоями разномеристых песков с луговой и полынной растительностью, местами тамарисковыми зарослями на лугово-бурых засоленных, бурых солонцеватых почвах и солонцах	16
		Аллювиальная слабонаклонная равнина, осложненная понижениями, сложенная глинами, суглинками с прослоями разномеристых песков с луговой и полынной растительностью, антропогенными жантаковыми морткуновыми участками на лиманных луговых обсыхающих почвах	17
		Аллювиальная слабонаклонная равнина, осложненная понижениями, сложенная глинами, суглинками с прослоями разномеристых песков с луговой, однолетнесолянковой эбелековой растительностью на лугово-бурых засоленных и лиманных луговых обсыхающих почвах и солонцах	18
		Аллювиальная слабонаклонная равнина, осложненная понижениями, сложенная глинами, суглинками с прослоями разномеристых песков с биюргуновой, полынной, однолетнесолянковой, эбелековой и итсигековой, растительностью на солонцах пустынных и бурых почвах	19
		Аллювиальная слабонаклонная равнина, осложненная понижениями, сложенная глинами, суглинками с прослоями разномеристых песков с биюргуновой, биюргуновотасбиюргуновой, лерхопопынной, местами однолетнесолянковой растительностью на солонцах, лугово-пустынных почвах, в комплексе с лиманными луговыми почвами и солончаками	20
		Аллювиальная слабонаклонная равнина с многочисленными протоками и единичными понижениями, сложенная глинами, суглинками с прослоями разномеристых песков с биюргуновой, и биюргуново-чернопопынной, лерхопопынной, местами с сарсазановой растительностью на бурых солонцеватых местами лугово-бурых засоленных почвах, солонцах лугово-пустынных и солончаках	21
		Аллювиальная слабонаклонная равнина сложенная глинами, суглинками, песками с кустарниково растительностью в сочетании с луговыми и осоковыми участками на солончаках местами на луговых староорошаемых почвах	22
		Аллювиальная слабонаклонная слаборасчлененная равнина, осложненная озерными и солончаковыми понижениями, сложенная глинами, суглинками с прослоями разномеристых песков с мятликово-лерхопопынной, черопопынной, биюргуновой, полынно-биюргуновой, местами однолетнесолянковой растительностью на солонцах густынных, бурых солонцеватых и лугово-бурых засоленных почвах	23

		Аллювиальная слабонаклонная слаборасчлененная равнина, осложненная озерными, солончаковыми и суффозионными понижениями, сложенная глинами, суглинками с прослоями разнозернистых песков, с биоргуновой, чернопопынно-биоргуновой, лерхопопынной, местами однолетнесолянковой растительностью на солонцах пустынных, бурых солонцеватых, местами с лиманно-луговыми обсыхающими почвах	24
		Аллювиальная слабонаклонная слаборасчлененная равнина, осложненная озерными, солончаковыми и суффозионными понижениями, сложенная песками, суглинками, глинами, супесями с биоргуновой, биоргуново-тасбиоргуновой, биоргуново-кейреуковой и кокпековой растительностью на солонцах такыровидных и лиманных луговых почвах	25
		Аллювиальная слабонаклонная слаборасчлененная равнина, осложненная озерными, солончаковыми и суффозионными понижениями, сложенная песками, суглинками, глинами, супесями с луговой, тамарисковой и попынной растительностью на лугово-бурых засоленных и бурых почвах	26
		Аллювиальная слабонаклонная слаборасчлененная равнина, осложненная озерными, солончаковыми и суффозионными понижениями, сложенная песками, суглинками, глинами, супесями с биоргуновой, биоргуново-тасбиоргуновой, биоргуново-кейреуковой и кокпековой растительностью на солонцах пустынных и луговых почвах	27
Интер- зональные	Долинные	Долина слабонаклонная, осложненная солончаковыми понижениями и старицами, сложенная песками, суглинками, глинами, галечником с кустарниково-тополево-лоховой, разнотравно-злаковой, биоргуновой и тростниковой растительностью на пойменных луговых и лугово-болотных солонцеватых, в комплексе с лесо-луговыми, лугово-бурыми засоленными, почвах	28
		Дельта выположенная, с отдельными понижениями, невысокими буграми и гривами, сложенная глинами, суглинками, песками с луговой, тростниковой, биоргуновой, с участием тамариска растительностью на лиманных луговых, местами старо орошаемых обсыхающих почвах	29
		Дельта выположенная с отдельными понижениями, невысокими буграми и гривами, сложенная глинами, суглинками, песками с однолетнесолянковой, сорнотравной, итсигековой и сарсазановой растительностью на солончаках вторичных, антропогенных почво-грунтах и луговых обсыхающих почвах, в сочетании с прибрежными тростниковыми зарослями на солончаках луговых	30
		Дельта выположенная, с отдельными понижениями, невысокими буграми и гривами, сложенная глинами, суглинками, песками с однолетнесо-лянковой, ажрековой, бескильницевой, попынной и сарсазановой растительностью на лугово-бурых засоленных и пойменных луговых почвах	31
		Дельта выположенная, осложненная протоками, отдельными понижениями, невысокими буграми и гривами, сложенная глинами, суглинками, песками срогозово-тростниковой, камышовой, клубне-камышовой, местами древесно-кустарниковой растительностью на плавневых и болотных почвах	32

Ландшафтный анализ учитывает ландшафтную дифференциацию территории с выделением эколого-ландшафтных зон и предполагает устойчивость территории к внешнему воздействию по определенным частям (местностям, урочищам, подурочищам, фациям), к которым относится определенная система ведения хозяйства, земледелия, природоохранные мероприятия. В результате формируется территориальный каркас природопользования с экологически однородными участками [10].

Представляется необходимым использование дифференцированного подхода к оценке ландшафтно-экологического состояния территорий дельты. Это, в свою очередь, влечет за собой необходимость структурированности критериев экологического состояния ландшафтных комплексов соответствующего таксономического ранга. Определение репрезентативного набора аналитических и синтетических количественных показателей должно опираться на специфику структуры морфологических комплексов (прежде всего типов местности и их вариантов, групп типов урочищ), определяющих ландшафтный потенциал соответствующего региона.

Проведенные исследования показали, что для дельты реки Жайык характерны аллювиальные процессы, который в свою очередь формируют современный рельеф и почвенный состав дельты. Процессы почвообразования в дельтовой зоне находятся в тесной связи с колебаниями современного уровня моря.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Н.В. Арестова. Геоэкологическая оценка антропогенного воздействия на территорию Северо-Западного Прикаспия // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 3, Экон. Экол. 2009. №1(14) с. 220-225.
- [2] Мильков, Ф. Н. Геоэкология и экография: их содержание и перспективы развития / Ф. Н. Мильков // Изв. РАН. Серия географическая. – 1997. – № 3. – С. 31–41.
- [3] Кочуров Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие / Б. И. Кочуров. – Москва-Смоленск : Маджента, 2003. – 384 с.
- [4] В.Б. Михно, В.Н. Бевз, А.С. Горбунов, О.П. Быковская // Ландшафтно-экологический анализ территорий муниципальных образований. Вестник ВГУ, серия: география. Геоэкология, 2014, № 3. – С. 245-260.
- [5] Berdenov Zh.G. Technogenic impact on the landscape geosystems for example Kargaly district of Aktobe region // European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences. - Vienna, Austria, 2015. - P. 74-79.
- [6] Чибилев А. А. К ландшафтно-экологическому обоснованию развития сети охраняемых природных территорий / А. А. Чибилев // Общие и региональные проблемы ландшафтной географии СССР. – Воронеж : Издательство Воронежского университета, 1987. – С. 84-92.
- [7] Исаченко, А. Г. Ресурсный потенциал ландшафта и природно-ресурсное районирование / А. Г. Исаченко // Изв. рус. геогр. о-ва. – 1992. – Т. 124, вып. 3. – С. 94–115.
- [8] Глушко, Е. В. Геоэкологическая оценка антропогенного воздействия на современные ландшафты по космическим снимкам / Е. В. Глушко, Ю. Г. Ермаков // Природа и ресурсы. – 1988. – Т. XXIV, № 2–4. – С. 32–44.
- [9] А.М.Мелдебеков, М.Х. Байжанов. Заключительный отчет о научно-исследовательской работе по теме «Оценка экологического состояния фауны и экосистем трех проектных территорий: дельты реки Урал с прилегающим побережьем Каспийского моря, Тенгиз-Кургальджинских и Алаколь-Сасыккольских систем озер». Проект ГЭФ/ПРООН: КАЗ/00/G37. – Алматы, 2005.
- [10] Методические указания по выявлению деградированных и загрязненных земель, утвержденные Роскомземом, Минприроды России. – Москва, 2005.- с.245.

УДК 502/504:631.1

L.Naizabaeva, Ch.Nurzhano, V.Pidlisnyuk, M.Satymbekov

(Institute of information and computing technology, MES RK, Almaty, Kazakhstan

²Jan Evangelista Purkyne University, Usti nad Labem, Czech Republic)

COMPUTER MODELING OF THE PRODUCTIVITY YIELD OF THE BIOENERGY PLANTS (REVIEW)

Abstract. The article was devoted to the issues of the creation of models for production management and the assessment of the productivity yield of the bioenergetics plants. The principles and approaches to the modeling of a plant productivity, the classification of the models according to purpose (applied and theoretical), the content (mechanistic and functional), and the degree of process visualization (numerical, structural, and structural-functional) and the methodology of modeling of the bioenergetics plant species including herbaceous and woody species was considered. Models EPIC, ALMANAC, APSIM, APEX, ISAM, MISCANMOD and MISCANFOR are radiation models based on a radiation use efficiency approach (RUE) with few empirical and statistical parameters. The AquaCrop model is a typical water-crop model that emphasizes crop water use, the expression of canopy cover, and the separation of evapotranspiration to soil evaporation and plant transpiration to drive crop growth. Models WIMOVAC, SECRETS, LPJmL, Agro-IBIS и Agro-BGC re integrated models that use physiology and biochemical approaches. The literature review shows the great interest in the development of biomass models of bioenergy crops. Has believed that the information security strategy in the future aimed at creating new models for assessing the productivity of biomass of bioenergetic plant species, taking into account the chemical characteristics of the soil in ecologically polluted regions because many bioenergetic species (miscanthus, poplar, willow, sugarcane and others) have the ability to restore and improve land.

Key words: biomass model, classification, bioenergetic plant.

¹Л. Найзабаева, ¹Ч. Нуржанов, ²V. Pidlisnyuk, ¹М. Сатымбеков

(¹Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан

²Jan Evangelista Purkyne University, Usti nad Labem, Czech Republic)

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ (обзор)

Аннотация. Статья посвящена вопросам создания моделей для управления производством и оценки продуктивности биоэнергетических видов растений. Рассмотрены принципы и подходы к моделированию продуктивности растений, классификация модели по назначению (прикладные и теоретические), содержанию (механистические и функциональные) и по степени визуализации процессов (численные, структурные, структурно-функциональные). Подробно рассмотрены современные принципы и универсальные модели, которые могут использоваться для имитации биомассы энергетических культур, включая травянистые и древесные виды. Модели EPIC, ALMANAC, APSIM, APEX, ISAM, MISCANMOD и MISCANFOR – модели, основанные на методе эффективности использования излучения (ФАР) с небольшим количеством эмпирических и статистических параметров. Модели AquaCrop, которые оценивают урожайность энергетических водных культур, с учетом водного баланса почвы в корневой зоне, интенсивности транспирации в вегетационный период. Модели WIMOVAC, SECRETS, LPJmL, Agro-IBIS и Agro-BGC для учета биохимических и физиологических процессов растений при формировании биомассы. Обзор литературы свидетельствует о большом интересе к разработке моделей биомассы биоэнергетических культур. Считают, что стратегия информационного обеспечения в будущем должна быть направлена на создание новых моделей для оценки продуктивности биомассы биоэнергетических видов растений, с учетом химических характеристик почвы в экологически загрязненных регионах, так как многие биоэнергетические виды (мискантус, тополь, ива, сахарный тростник и другие) обладают способностью восстанавливать и улучшать земли.

Ключевые слова: модель биомассы, классификация, биоэнергетическое растение.

Рост мирового производства возобновляемой энергии возрастает на 1,6% в год [1]. Это связано с возрастанием мирового потребления энергии, с ростом населения мира, истощением запаса ископаемых, из-за геополитических проблем, большими выбросами CO₂ при сжигании топлива, экологическими последствиями выбросов парниковых газов. В связи с этим, приоритетным направлением технологического и социально-экономического развития страны становится развитие биоэнергетической промышленности, основанные на возобновляемых источниках энергии [2]. В настоящее время рассматривают перспективы выращивания энергетических плантаций с целью получения возобновляемой энергии и биотоплива во всем мире, в том числе Казахстане [3, 4]. В Республике Казахстане создаются благоприятные условия развития рынка биотоплива, что позволит уменьшить энергетическую зависимость страны от нефтяных и газовых ресурсов и снизит выделение вредных веществ в атмосферу [3]. Наиболее эффективно энергия биомассы используется в Португалии, Испании, Франции, Германии, Дании, Италии. Такие страны как Швеция и Австрия обеспечивают до 15 % потребности в первичных энергоносителях за счет биомассы. В США сегодня общая установленная мощность электростанций, использующих биомассу, составляет более 9000 МВт, что эквивалентно суммарной мощности атомных электростанций. Для многих развивающихся стран Азии и Африки биомасса сегодня является основным источником энергии. В среднем, в этих странах биомасса обеспечивает 38 % энергетических потребностей, а в некоторых, например, Непале и Кении – более 90 % [4]. Для производства биотоплива второго поколения (биодизеля и биоэтанола) используют в основном продовольственные культуры, такие как кукуруза, сахарный тростник, соя, пальма, а в нашей стране низкосортную пшеницу [2, 3, 5]. Из-за низкой стоимости производства, способности произрастать до 20 лет, минимальной затраты питательных веществ и химических средств защиты растений перспективными кандидатами для биоэнергетической промышленности рассматриваются непродуктивные многолетние культуры, такие как мискантус (*Miscanthus* spp.), сахарный тростник (*Phalaris* spp.), ива, (*Salix* spp.), тополь (*Populus* spp.), эвкалипт (*Eucalyptus* spp.). Они идентифицированы, как биотопливные виды второго поколения [6-8]. Данные виды высоко адаптивны, холодостойки и могут произрастать, как в тропических, так и в умеренных регионах [8]. Одним из обсуждаемых в мире, как перспективное биотопливное растение второго поколения является непродуктивное, биоэнергетическое растение *Miscanthus x giganteus* (мискантус гигантский). Растение произрастает на маргинальных деградированных землях более 30 лет, и не требует особых инвестиций в сельскохозяйственные приемы [9-12]. Размножаются исключительно ризомами, они зимуют в почве, а весной дают новые побеги, в результате происходит постепенная колонизация пространства. Высокое содержание целлюлозы в стеблях мискантуса на 2-3 год жизни позволяет использовать биомассу для производства биоэтанола, целлюлозных отходов и твердого биотоплива, а также в строительстве и других производствах [13, 14]. Например, в Дании, Ирландии и Великобритании с 1990 года были инициированы проекты для строительства экологически чистых домов из соломы мискантуса [15]. Разработаны технологии и коммерциализированы во многих странах ЕС и США производственные гранул, в виде пеллет из стеблей мискантуса [16]. В настоящее время мискантус рассматривают, в качестве перспективного промышленно значимого целлюлозосодержащего сырья для производства целлюлозы, биотоплива из-за высокой их продуктивности с целью сбережения лесного богатства [17]. Интерес к непродуктивным многолетним видам возрос, так как они обладают также способностью восстанавливать загрязненные земли, т.е. являются фиторемедиантами, в частности, представители рода мискантус. Согласно литературным данным, мискантус может произрастать на почве, загрязненной тяжелыми металлами и органическими загрязнителями. Произрастая на загрязненных деградированных землях, они сохраняют высокую продуктивность с одной стороны, а с другой способны к фиторемедиации (восстановлению). Высокая продуктивность биомассы *M. x giganteus* на загрязненных деградированных землях превращает технологию фиторемедиации в прибыльную отрасль биотехнологии и биоэнергетической промышленности [18-21]. В настоящее время *M. giganteus* успешно культивируют для получения биомассы на загрязненных и непригодных для продовольственных культур землях в Словакии и Украине [22, 24]. В обзоре V. Pidlisnyuk с соавторами [21] представлены данные ученых ЕС и США о возможности культивирования представителей рода мискантус на загрязненных тяжелыми металлами землях. Авторами отмечено, что наибольший интерес в качестве фиторемедианта привлекает внимание ученых высокопродуктивный мискантус, так как обладает высокой продуктивностью на загрязненных почвах и способностью к фитостабилизации (корни растений ограничивают подвижность и биодоступность загрязнителя в почве, деградируют загрязнители в почве, либо аккумулируют их в корневой системе). Интерес мискантусу, как фитостабилизатору, связан с тем, что отпадает проблема утилизации, загрязненной фитомассы, так как они накапливают ионы тяжелых металлов в корневой зоне и отсутствует необходимость

каждый год собирать и высаживать семена, растение стерильное. Энергетические культуры для биотоплива выращивают в основном на сельскохозяйственных землях, площадь для производства их, согласно прогнозам, возрастет на 66% в течение следующих двух десятилетий, как считают ученые [2]. Сельскохозяйственные пахотные земли могут находиться в загрязненных районах, непригодных для производства продуктов питания. Выращивание энергетических культур на загрязненных сельскохозяйственных районах может привести к чрезмерной концентрации металлов в тканях растений и повторных выбросов загрязняющих веществ в атмосферу во время сжигания биомассы. Предполагают, что для производства биотоплива использовать непродовольственные культуры, благодаря которому можно снизить конкуренцию между производством продуктов питания и биотоплива, так как они могут произрастать на деградированных маргинальных землях [25]. В связи с расширением рынка биоэнергетики для прогнозирования производства биомассы биоэнергетических видов растений успешно развивается компьютерное моделирование имитирующие и раскрывающие различные механизмы продукционного процесса.

Принципы и подходы моделирования продуктивности растений

Моделирование является мощным инструментом современного растениеводства, которое позволяет не только прогнозировать, но и управлять производством урожая в зависимости от агротехнических мероприятий, текущего состояния почв, посевов, погоды и других факторов [26-31]. История развития моделирования была начата с прогноза урожайности сельскохозяйственных культур в зависимости от климатических и агротехнических условий. Основателями развития продуктивности сельскохозяйственных растений были выдающие ученые России, такие Ю.К. Роос, Е.П. Галямин, В.В. Шабанов, Р.А. Полуэктов, О.Д. Сиротенко, Ю.П. Добрачев и другие. Зарубежные ученые С.Т. de Wit, J.H. Thornley, С. Edwards инициировали развитие экологической физиологии растений и имитировали различные механизмы продукционного процесса. В Казахстане совместно с учеными России создали динамическую модель яровой пшеницы для условия аридного климата с учетом адаптационных свойств растений. Данная модель успешно используется для решения задач оценки влияния колебаний и изменений климата в системах мониторинга и прогнозирования урожайности для аридных районов Северной Евразии [32].

Моделирование производства биомассы растений основаны на трех биологических процессах [30]. 1) Поглощение солнечной радиации, как важный фактор, который влияет на различные метаболические процессы, протекающие в растительном организме, соответственно на процессы роста и развития растений, согласно закону «Beer's law». 2) Использование света в многочисленных фотобиологических процессах жизнедеятельности – фотосинтеза, транспирации, дыхания, роста и развития и формообразования (фотоморфогенеза). 3) Баланс биомассы в его структурных элементах.

По назначению модели классифицируются на прикладные и теоретические модели [27, 29]. Модели для теоретического назначения позволяют рассматривать и анализировать сложные биохимические, биофизические и физиологические процессы в организме растений и его развитии в зависимости от внешних факторов среды и изучить биологические процессы, протекающие в посевах, в органах и тканях растительного организма. Модели для практического назначения позволяют решать широкий круг вопросов для решения технологических, экологических экономических задач. Модели предназначены для прогнозирования урожайности, управления технологией выращивания в заданной почвенно-климатической зоне.

По содержанию модели разделяют на механистические и функциональные [31]. Механические модели (синонимы статистические, экофизиологические) включают большое количество параметров, физических, химических и биологических процессов, влияющих на процесс формирования биомассы. Фотосинтез и дыхание являются основными параметрами для механических моделей. Эти модели разрабатываются, как исследовательские, для научного теоретического понимания процессами формирования биомассы. Моделируемые результаты сравниваются с эмпирическими результатами. Наряду с механическими моделями для более глубокого понимания используют функциональные модели или сочетание механических и функциональных моделей. Математическим аппаратом теоретических моделей служат системы дифференциальных или разностных уравнений, как правило, описывающие баланс вещества и энергии для каждого из рассматриваемых пространственно-функциональных компарментов. Функциональные (синонимы эмпирические, динамические) модели разрабатывают на основе эмпирических функций, которые аппроксимируют сложные процессы, такие как эффективность использования излучения при формировании биомассы. Функциональный подход характеризуется широким использованием эвристического описания определяющих процессов (применяются регрессион-

ные соотношения, уравнения аллометрии, многочисленные функции стресса и другие). Модели данного класса являются многофакторными, оценивают биомассу в больших масштабах, используя статистические данные о урожайности конкретных культур и климатических условиях с учетом ФАР (фотосинтетически активная радиация) в течение нескольких лет и другие факторы. Сложная структура модели содержит множество переменных и параметров, модели имеют функции, которые описывают изменения параметров в ответ на внешние драйверы, и как эти изменения влияют на другие компоненты в системе. Чем больше иерархических уровней содержит модель, тем выше ее потенциальные возможности по описанию реальных процессов.

По степени визуализации процессов делят на численные (2D), структурные (3D) и структурно-функциональные модели [27]. Численные (2D) модели – традиционные модели, результаты которых выдаются в виде числовых рядов, таблиц, различного вида диаграмм и графиков. Структурные (3D) модели – предназначены для имитации формирования структуры посева или растения.

Функционально-структурные модели – предназначены для имитации формирования органов, структуры растений, фенологического развития растительного организма в зависимости от воздействия факторов внешней среды. Данные модели позволяют исследовать взаимоотношение между архитектурой растений и физиологическими процессами, лежащие в основе его роста и развития.

Типы моделирования биомассы энергетических культур

В связи с ростом производства биоэнергетических видов растений использование моделей для повышения производительности энергетических культур быстро растет и поощряется. Разрабатываются различные модели производства биомассы биоэнергетических культур с учетом климатических условий среды, потребления воды и агрохимических мероприятий [30]. В обзоре J.Rui с коллегами [31] было замечено, что в мире разработано 23 модели для моделирования биомассы энергетических культур (мискантуса, кукурузы, тополя, ивы, сахарного тростника и эвкалипта). Из них 14 моделей разработано в Европе, которые успешно используются для моделирования биомассы энергетических культур [30].

Модели делят на три типа по принципу и методам моделирования [31]. Первый тип – основан на солнечной радиации (ФАР), когда происходит преобразование энергии в энергию химических связей в процессе фотосинтеза, в результате которой создаются вещества для построения тела растительного организма. ФАР это простой, надежный, и простой подход для моделирования биомассы культур роста, который реализуется путем непосредственного связывания измеренного падающего излучения с общей биомассой в период развития растений. Модели, созданные по данному типу, называют радиационными моделями. К ним относятся следующие модели: EPIC, ALMANAC, APSIM, APEX, ISAM, MISCANMOD и MISCANFOR. Эти типы модели относительно просты, поскольку используют эмпирические и статистические параметры. ФАР рассчитывают отдельно для каждой конкретной энергетической культуры [33, 35]. Считают, что радиационные модели являются привлекательными из-за их простоты, но по своей конструкции они не могут обеспечить понимание физиологической основы изменения ФАР, роста и механизма поглощения воды. Поэтому считают, что механистические модели являются более уместными для оценки производства биомассы [27, 35]. Модели APSIM, MISCANMOD, MISCANFOR, WIMOVAC, Agro-IBIS, Agro-BGC, 3PG и SECRETS моделируют наряду с продуктивностью биомассы различные фенологические стадии биоэнергетических культур (например, цветение), тогда как другие модели EPIC, ALMANAC, AUSCANE и LPJmL – только площадь листа, продолжительность вегетационного периода, снижение листового индекса в период старения растений. Модели EPIC, ALMANAC, APSIM, ISAM и MISCANMOD основаны на эффективности использования солнечной радиации (ФАР), метеорологических параметров (температура, осадки), максимального индекса площади листа, максимальной глубина укоренения, методов управления посевами культуры [36].

Наряду с перечисленными моделями разрабатываются другие новые модели, что свидетельствует о широком интересе к этой области [37, 38]. Например, в работе Q.Jing с коллегами [38] провели расчет общего выхода биомассы путем прогнозирования годового выхода биомассы мискантуса, ивы и эвкалипта, с помощью добавления новых модулей в модель LINTUL (Light Interception and Utilization simulator): 1) Индекс площади листа моделируется независимо от конкретной площади листа; (2) ежедневной эффективности использования света, температуры и интенсивности света в физиологических диапазонах сельскохозяйственных культур. Модель LINTUL имитирует рост, развитие (включая динамику индекса площади листа) и биомассу различных видов (деревья/кустарники и травы). Возможность LINTUL генерировать сайт-специфический вход параметры моделирования роста культур делают его применимым в региональных и глобальных масштабах.

Второй тип – моделируют урожайность энергетических культур с учетом водного баланса почвы в корневой зоне, интенсивности транспирации в вегетационный период – модели AquaCrop [39]. Данные модели не позволяют получить удовлетворительное моделирование в стрессовых ситуациях, особенно при стрессе воды в поздних стадиях роста растений. Поэтому, считают, что при применении модели следует при моделировании урожая разных культур учитывать стресс воды (например, обильные дожди) в период вегетации.

Третий тип – интегрированная модель, которая учитывает биохимические (поглощение углерода и ассимиляцию) и физиологические процессы (фотосинтез и дыхание) в клетках растений при формировании биомассы. Типичные модели, использующие биохимический подход, включают Agro-IBIS и Agro-BGC, WIMOVAC, SECRETS [40-42]. Модели, которые учитывают физиологические процессы включают эмпирические данные как фотосинтеза, так и дыхания растений.

Таким образом, обзор литературы свидетельствует о большом интересе к разработке моделей биомассы биоэнергетических культур. Считают, что стратегия информационного обеспечения в будущем должна быть направлена на создание: конкретных моделей для биоэнергетических непродовольственных и продовольственных культур; тестирования модели для облегчения сбора и обмена высококачественными полевыми экспериментальными данными; интегрированной обработки входных и выходных данных; создание моделей для прогнозирования урожайности энергетических видов на загряз, маргинальных и деградированных землях и для рационального их использования [30, 37]. Разработанные новые модели должны быть сосредоточены на интеграции химических характеристик почвы в экологически загрязненных регионах, которые могут повлиять на продуктивность биомассы. Считают, что проверка и применение модели ограничена из-за отсутствия доступа к данным урожайности в мире, в связи с этим создание высококачественных полевых экспериментальных базы данных и для разработки и применения моделей необходимо развитие международного сотрудничества [37].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] U.S. Energy Information Administration. International Energy Outlook. Washington: Department of Energy: September 2008. DOE/EIA-0484250.
- [2] U.S. Energy Information Administration. International Energy Outlook. Washington: Department of Energy: June 2006. – 192 p. DOE/EIA-0484.
- [3] Тасекеев М. С., Тажбеков К.А. Пути развития биотопливной энергии Казахстана. – 2011. Алматы: НЦ НТИ. – 168 с.
- [4] Лабейш В.Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Учеб. пособие. – 2003, СПб: СЗТУ. – 38 с..
- [5] Food and Agriculture Organization of the United Nations. Water management: towards 2030. – 2003. Rome, Italy: FAO. – 2 p.
- [6] Heaton E.A., Long S.P., Voigt T.B., Jones M.B., Clifton-Brown J. Miscanthus for renewable energy generation: European Union experience and projections for Illinois // Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change. – 2004. – Vol. 9, № 4. – P.433-451.
- [7] Venendaal R., Jorgensen U., Foster C.A. European energy crops: a synthesis // Biomass and Bioenergy. – 1997. – Vol.13, № 3. – P.147-185.
- [8] Rowe R.L., Street N.R., Taylor G. Identifying potential environmental impacts of large-scale deployment of dedicated bioenergy crops in the UK // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2009. – Vol.13, № 1. – P.271-290.
- [9] Miguez F.E., Villamil M.B., Long S.P., Bollero G.A. Meta-analysis of the effects of management factors on *Miscanthus giganteus* growth and biomass production // Agricultural and Forest Meteorology. – 2008. – Vol.148, № 8-9. – P.1280-1292.
- [10] Jones M.B., Walsh M. Miscanthus for energy and fibre. – Origins and Taxonomy of Miscanthus. – 2001. James & James Publishers, London. – P. 2-9
- [11] Pyter R., Voigt T., Heaton E., Dohleman F., Long S. Giant Miscanthus: Biomass Crop for Illinois, in Issues in new crops and new use – 2007. ASHS Press. Alexandria. V.A. Eds. J. Janick and A. Whipkey. – P. 234-238.
- [12] Barling A., Swaminathan K., Mitros T., James B.T., Morris J., Ngambona O., Hall M.P., Kirkpatrick J., Alabady M.S., Varala K., Hudson M.E., Rokhsar D.S., Moose S.P. A comprehensive expression study of the *Miscanthus* genus reveals changes in the transcriptome associated the rejuvenation of spring rhizomes // BMC Genomics. – 2013. – Vol.14. – P.864.
- [13] Han M., Choi G.W., Kim Y., Koo B.C. Bioethanol production by *Miscanthus* as a lignocellulose biomass: focus on high efficient conversion to glucose and ethanol // BioResources. – 2011. – Vol. 6. – P.1939-1953.
- [14] Collura S., Azambre B., Finqueneise, G., Zimny T., Weber J.V. *Miscanthus giganteus* straw and pellets as sustainable fuels. Combustion and emission tests // Environ. Chem. Lett. – 2006. – Vol. 4. – P. 75-78.
- [15] Best practice guidelines. Applicants to DEFRA'S Energy Crops Scheme – Final report for DEFRA projects are available from DEFRA Chief Scientist's Group 1A Page Street London. – 2001. – 17 p.
- [16] Heaton E.A., Dohleman F.G., Miguez A.F., Juvik J.A., Lozovaya V., Widholm J., Zabolina O.A., McIsaac G.F., David M.B., Voigt T.B., Boersma N.N., Long S.P. *Miscanthus*: a promising biomass crop // Adv. Bot. Res. – 2010. – Vol. 56. – P. 75-137.
- [17] Picco D. Technical assistance for the development and improvement of technologies, methodologies and tools for enhanced use of agricultural biomass residues: Energy plants production on unfavorable soils. Energy plant // Report. Central European Initiative. – 2010. Italy. – 53 p.

- [18] Nsanganwimana F., Pourrut B., Mench M., Douay F. Suitability of *Miscanthus* species for managing inorganic and organic contaminated land and restoring ecosystem services. A review // J. Environ. Management. – 2014. – Vol. 143. – P. 123–134.
- [19] Pogrzeba M., Krzyzak J., Sas-Nowosielska A. Environmental hazards related to *Miscanthus x giganteus* cultivation on heavy metal contaminated soil // Environmental Heavy Metal Pollution and Effects on Child Mental Development/ Risk Assessment and Prevention Strategies. – 2011. Springer Science/ Business Media B.V. – P. 213–225.
- [20] Techer D., Martinez-Chois C., Laval-Gilly P., Bennasroune A., Formanek P., D’Innocenzo M., Fall, J. Assessment of *Miscanthus x giganteus* for rhizoremediation of long-term PAH contaminated soils // Appl. Soil. Ecol. – 2012. – Vol. 62. – P. 42–63.
- [21] Pidlisnyuk B., Erickson L., Kharchenko S., Stefanovska T. Sustainable Land Management: Growing *Miscanthus* in Soils Contaminated with Heavy Metals // Journal of Environmental Protection, Special Issue in Environmental Remediation. – 2014. – Vol. 5. – P. 723–730.
- [22] Los L.V., Zinchenko L.V., Zajoronnovskiy V.P. Growing and gasification of biofuels as effective direction for solving energetic and ecological problems: case of *Miscanthus x giganteus* // Release of Zytomir National Agroecological university. – 2011. – Vol. 29, part 1. – P. 46–57.
- [24] Pidlisnyuk V.V. Expanding the potential of second generation biofuel crops for phytoremediation of sites contaminated by heavy metals: laboratory stage // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – 2012. – Вип. 4 (75). – P. 104–108.
- [25] Lewandowski I., Clifton-Brown J.C., Andersson B., Basch G., Christian D.G., Jorgensen U. Environment and harvest time affects the combustion qualities of *Miscanthus* genotypes // Agronomy. – 2003. – Vol. 95, N 5. – 1274–1280.
- [26] Полуэктов Р. А. Динамические модели агроэкосистем. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 312 с.
- [27] Добрачев Ю.П., Соколов А.Л. Модели роста и развития растений и задача повышения урожайности // Агрономия. – 2016. – № 3. – С. 90–96.
- [28] Шмидт Ю.Д., Куликов В.Е. Моделирование урожайности сельскохозяйственных культур // Вестник ТГЭУ. – 2006–№1. – С. 73–84.
- [29] Баденко В.Л., Топаж А.Г., Якушев В.В., Миршель В., Нендель К. Имитационная модель агроэкосистемы как инструмент теоретических исследований // Сельскохозяйственная биология. – 2017. – Т. 52, № 3. – С. 437–445.
- [30] Nair S.S., Kang S., Zhang X., Miguez F.E., Izauralde C., Post W. M., Dietze M. C. et al. Bioenergy crop models: descriptions, data requirements, and future challenges. – GCB Bioenergy 2012.
- [31] Rui J., Tong-tong W., Jin S., Sheng G., Wei Z., Ya-jun Y., Shao-lin C., Ryusuke H. Modeling the biomass of energy crops: Descriptions, strengths and prospective // Journal of Integrative Agriculture. – 2017. – Vol. 16, N 6. – P. 1197–1210.
- [32] Pavlov V.N., Varcheva S.E. Dynamic model of productivity of spring wheat to assess the impact of the observed and expected changes in climate in the steppes of Russia and Kazakhstan // Coll. Mathematical models in theoretical ecology and agriculture, dedicated to the memory of academician R.A. Poluektova (Poluektovskie reading). – St. Petersburg. 2014. – p. 19–23.
- [33] Clifton-Brown J. C., Neilson B., Lewandowski I., Jones M. B. The modelled productivity of *Miscanthus x giganteus* (GREEF et DEU) in Ireland // Industrial Crops and Products. – 2000. – Vol. 12. – P. 97–109.
- [34] Clifton-Brown J. C., Stampfl P. F., Jones M. B. *Miscanthus* biomass production for energy in Europe and its potential contribution to decreasing fossil fuel carbon emissions // Global Change Biology. – 2004. – Vol. 10. – P. 509–518.
- [35] Demetriades-Shah T. H., Fuchs M., Kanemasu E. T., Flitcroft I. A note of caution concerning the relationship between cumulated intercepted solar radiation and crop growth // Agricultural and Forest Meteorology. – 1992. – Vol. 58. – P. 193–207.
- [36] Williams J.R., Jones C.A., Kiniry J.R., Spalton D.A. The EPIC crop growth model // Transactions of the American Society of Agricultural Engineers. – 1989. – Vol. 32. – P. 497–511.
- [37] Lee J., Pedrosa G., Linquist B. A., Putnam D., Kessel C., Six J. Simulating switchgrass biomass production across ecoregions using the DAYCENT model // GCB Bioenergy. – 2012. – Vol. 4. – P. 521–533.
- [38] Jing Q., Conijn S.J.G., Jongschaap R.E.E., Bindraban P.S. Modeling the productivity of energy crops in different agro-ecological environments // Biomass and Bioenergy. – 2012. – Vol. 46. – P. 618–633.
- [39] Nyakudya I.W., Stroosnijder L. Effect of rooting depth plant density and planting date on maize (*Zea mays* L.) yield and water use efficiency in semi-arid Zimbabwe: Modelling with AquaCrop // Agricultural Water Management. – 2014. – Vol. 146. – P. 280–296.
- [40] Di Vittorio A.V., Anderson R.S., White J.D., Miller N.L., Running S.W. Development and optimization of an Agro-BGC ecosystem model for C4 perennial grasses // Ecological Modelling. – 2010. – Vol. 221. – P. 2038–2053.
- [41] Humphries S. W., Long S. P. WIMOVAC: A software package for modelling the dynamics of plant leaf and canopy photosynthesis // Computer Applications in the Biosciences (CABIOS). – 1995. – Vol. 11. – P. 361–371.
- [42] Sampson D.A., Ceulemans R. SECRETS: simulated carbon fluxes from a mixed coniferous/deciduous Belgian forest // In: Forest Ecosystem Modeling, Upscaling and Remote Sensing (eds Ceulemans R, Veroustraete F, Gond V, Van Rensbergen JBHF). – 2000. – The Hague: SPB Academic Publishing. – P. 95–108.

Найзабаева Л., Нуржанов Ч., Pidlisnyuk V., Сатымбеков М.

Биоэнергетикалық өсімдіктердің өнімділігін компьютерлік модельдеу (шолу)

Түйіндемесі. Бап өндірістік бақылау және биоэнергия өсімдіктердің тиімділігін бағалау модельдерін құруға арналған. принциптері мен мақсаты бойынша өсімдік өнімділігін, жіктеу моделін модельдеу тәсілдері (Қолданбалы және теориялық) мазмұны (механикалық және функционалдық), Imaging процесінің дәрежесі (сандық құрылымдық, құрылымдық-функционалдық). Биоэнергиялық өсімдік түрлері (мискантус, тары, жүгері, тары, терек, тал, эвкалипт) имитациялық модельдеу принциптері мен әдістері егжей-тегжейлі қарастырылды. EPIC, альманах, APSIM, APEX, ISAM,

MISCANMOD және MISCANFOR – модельдері эмпирикалық және статистикалық параметрлерін аз мөлшерде радиациялық тиімділігіне (FAR) пайдалану әдісіне негізделген. Энергетикалық су дақылдарының өнімділігін бағалау модельдері AquaCrop, вегетация кезеңінде тамыр аймағында топырақ су балансы тасымалдау белсенділігін көрсетеді. WIMOVAC, SECRETS, LPJmL, Agro-IBIS және Agro-BGC модельдері биомасса қалыптастыру кезінде өсімдік жасушаларында биохимиялық және физиологиялық процестерді есепке алу үшін маңызды. Дамыған модельдер, ағаш және шөптекті түрлерін қоса алғанда энергетикалық дақылдарын биомассасын имитациялауға пайдаланылатын әмбебап модельдер болып табылады. Тозған, шекті құрлықта ұзақ уақыт агротехникалық күтімді қажет етпейтіндіктен биоэнергиялық азық түлік емес өсімдік түрлері (мискантус, тары, терек, тал, қант қамысы, эвкалипт) моделдеуге қызығушылықты арттырады. Қорыта келгенде биоэнергиялық өсімдіктердің биомасса түрлерінің өнімділігін жаңа модельдерін дамыту химиялық сипаттамаларын ескере отырып ластанған жерлерді қалпына келтіру және жақсарту мүмкіндігі болып табылады.

Түйінді сөздер: биомасса моделі, классификациясы, биоэнергетикалық өсімдік.

Naizabaeva L., Nurzhanov Ch., Pidlisnyuk V., Satymbekov M.

Computer modeling of the productivity yield of the bioenergy plants (review)

Summary. The article was devoted to the issues of the creation of models for production management and the assessment of the productivity yield of the bioenergetics plants. The principles and approaches to the modeling of a plant productivity, the classification of the models according to purpose (applied and theoretical), the content (mechanistic and functional), and the degree of process visualization (numerical, structural, and structural-functional) and the methodology of modeling of the bioenergetics plant species (miscanthus, switchgrass, maize, poplar, willow, sugarcane, and Eucalyptus) was considered.

Models EPIC, ALMANAC, APSIM, APEX, ISAM, MISCANMOD and MISCANFOR are radiation models based on a radiation use efficiency approach (RUE) with few empirical and statistical parameters. The AquaCrop model is a typical water-crop model that emphasizes crop water use, the expression of canopy cover, and the separation of evapotranspiration to soil evaporation and plant transpiration to drive crop growth. Models WIMOVAC, SECRETS, LPJmL, Agro-IBIS и Agro-BGC re integrated models that use physiology and biochemical approaches.

The literature review shows the great interest in the development of biomass models of bioenergy crops. Has believed that the information security strategy in the future aimed at creating new models for assessing the productivity of biomass of bioenergetic plant species, taking into account the chemical characteristics of the soil in ecologically polluted regions because many bioenergetic species (miscanthus, poplar, willow, sugarcane and others) have the ability to restore and improve land.

Key words: biomass model, classification, bioenergetic plant

UDC 534.897(423)

L.S. Nurabaeva

THE ROLE OF LOCAL LORE IN TEACHING ECOLOGY

Abstract: Local lore means to investigate small places or small parts of the country. The article focuses on teaching local lore and bringing up student's patriotism. Love to the native country assists students love to his own country, promote their feelings as humanity, ecological, esthetical. Studying local lore is very interesting and lively school. It is useful to the teacher himself who teaches local lore. They deepen their knowledge and teaching skills, able to modify the methodology for further development lessons, introduce environmental education and upbringing of accuracy and reliability. Local lore links school and life.

Keywords: Local lore, structure of teaching local lore, school local lore, knowledge about local lore is an ecological knowledge too.

Л.С. Нурабаева

(Тараз мемлекеттік педагогикалық университеті, Тараз, Қазақстан Республикасы,
E-mail: lyazzat2781@mail.ru)

ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БІЛІМ БЕРУДЕ ӨЛКЕТАНУДЫҢ АЛАТЫН ОРНЫ

Түйіндеме: Өлкетану – жергілікті белгілі бір шектелген өңірді немесе еліміздің шағын бөлігін зерттеу. Оқушыларға өлкетану негізінде білім беру олардың туған жерге деген патриоттық сезімін қалыптастырады. Туған өлкеге деген сүйіспеншілікті қалыптастыру оқушыларға отаншылдық, адамгершілік, экологиялық, эстетикалық тәрбиелерді берумен үнемі жүріп жатады. Өлкетану – қызықты және тірі мектеп. Өлкетану жұмыстарымен айналысқан мұғалімнің өзіне де өте пайдалы. Олар өз білімдері мен педагогикалық шеберліктерін тереңдетуге, оны әрі қарай дамытуға, сабақ әдістемесін түрлендіруге мүмкіндік алып, экологиялық білім мен тәрбие беруде нақтылық пен сенімділікті енгізеді. Өлкетану мектеп пен өмірді өзара байланыстырады.

Түйін сөздер: Өлкетану, өлкетану жұмысының құрылымы, мектептік өлкетану, өлкетанулық білім, экологиялық білім.

Өлкетану – қызықты және тірі мектеп. Өлкетану жұмыстарымен айналысқан мұғалімнің өзіне де өте пайдалы. Олар өз білімдері мен педагогикалық шеберліктерін тереңдетуге, оны әрі қарай дамытуға, сабақ әдістемесін түрлендіруге мүмкіндік алып, экологиялық білім мен тәрбие беруде нақтылық пен сенімділікті енгізеді. Өлкетану – бұл мұғалімдердің білімдерін жетілдерудің ең тиімді жолы. Туған өлкенің қоршаған табиғатында оқушылардың санасында табиғатты сүйюі, туған жерді қорғауы – Отанға деген патриоттық сүйіспеншілікті қалыптастырады. Өлкетану мектеп пен өмірді өзара байланыстырады.

Өлкетану – жергілікті белгілі бір шектелген өңірді немесе еліміздің шағын бөлігін зерттеу. Оқушылар өз өлкесінің өлкетану жөніндегі білім қорын меңгеруді алғаш рет мектеп табалдырығын аттаудан бастайды. Оқушыларға өлкетану негізінде білім беру олардың туған өлкеге деген сүйіспеншілігін қалыптастырады. Туған өлкеге деген сүйіспеншілікті қалыптастыру оқушыларға отаншылдық, адамгершілік, экологиялық, эстетикалық тәрбиелерді берумен үнемі жүріп жатады. Бұл аталған тәрбиелер біріншіден, оқушыларға өлкетану, атамекен, халық педагогикасы жайында түсінік бере отырып, туған өлкеге деген сүйіспеншілігін оятады. Екіншіден, оқушылардың туған өлкеге деген сүйіспеншілігін қалыптастыратын педагогикалық шарттарды анықтайды және оны жаратылыстану пәндерін оқытуда жүзеге асырылады [1, 3].

Жалпы өлкетану материалдарын зерттеу мен жинау барысында түрлі әдістер қолданылады. Оларға бақылаулар, табиғат объектілерін суретке түсіру, жазу, өлкенің құрметті азаматтарымен әңгімелесу, өлкетану әдебиеттерімен танысу, мерзімді баспасөз жұмыстарымен танысу, экологиялық соқпақтар жатады. Оқушылардың бақылаулары арқылы мұғалім оларды табиғат заңдылықтарын ұғынуға, өлкені тануға, дүниетанымды қалыптастыруға көмектеседі (кесте 1).

Кесте 1. Өлкетану жұмысының құрылымы

1. Мемлекеттік	Өлкетану мұражайы Ғылыми-зерттеу мекемелері	Мұражайлық
		Аймақтық
2. Мектептік	Оқу бағдарламасының мақсаты мен міндеті оқу бағдарламасында көрсетіледі	Сабақ үстінде
		Сабақтан тыс
		Өлкетану үйірмесі
	Сыныптан тыс жұмыстардың мақсаты мен міндеті оқу тәрбие жоспарында көрсетіледі	Экологиялық соқпақ
		Танымжорық
		Туристік жорықтар
3. Қоғамдық	Мәдениет үйлері	Экспедициялар
		Туризм
		Балалардың өз күшімен сауықкеш өткізуі.

Өлкетанудың атқаратын қызметін былай бөліп көрсетуге болады:

1. Мәдениетті қалыптастыру. Өлкетану жас ұрпақтың адамзаттың тарихи ескерткішін, әсіресе тәрбиелі адам жанының өзегін оятатын рулық, аймақтық ескерткіштерді сақтау және игеру міндетін шешеді. Олай болса, өлкетанусыз адамзаттың тіршілік етуі мүмкін емес. Адамның адам болып қалыптасуы үшін әр адам үнемі әлеуметтік-мәдени дамудың үрдісіне ілесіп, адамзат қоғамы жасаған мәдени үлгілерді өз бетімен меңгеруі қажет.

2. Мәдениетті біріктіру. Өлкетану өлке тұрғындарын тірі әлеуметтік ағзаға біріктіруді қамтамасыз етеді. Өлкетанумен айналысатын адам ата-бабаларымыздың еңбегін жалғастырады және ұрпағының рухани ой-өрісін қалыптастырады. Олай болса, өлкетану адамның өмірге белсенді, саналы көзқарасын қалыптастыру тәсілі, бір жерде тұратын адамдарды жаппай өзіндік ұйымдастыру тәсілі болып саналады.

3. Тәрбиелеу. Өлкетану әр дәуірдегі ұрпақ өкілдерінің рухани байланысын қамтамасыз етеді. Ол ата-баба мұрасына сыйлы көзқарасты қалыптастырады. Өлкетану әрбір ұрпаққа тарихи келешектегі өз орнын және алдында тұрған міндеттерді саналы түсінуге мүмкіндік береді.

4. Ағарту. Өлкетану ғылым мен ағартуды, мәдениетті байланыстыра отырып, үнемі әртүрлі формада насихаттау, таныту іс-әрекетін атқарады. Және бұл іс-әрекет өлкетануда ғылыми-зерттеумен қатар емес, онымен тығыз байланыста жүзеге асырылады, яғни өлкетану сабақтары жай ғылыми зерттеу емес, ол адам сол арқылы өзінің халық тағдырымен байланысын сезінгенде ғана табысты болады. Сондықтан нағыз өлкетанушыда әрқашан алдыңғы ұрпақтың мәдени мұрасын игертуге көп адамдарды

тарту қажеттілігі артып отырады. Осындай мектепте тәрбиеленген адам шынымен білімді болады. Ол өз елінің мәдениетін білетін және дамытатын болады, сонымен бірге басқа мәдениет өкілдеріне аса құрметпен қарайтын болады. Осы мектептен өте отырып, адам мәдениеттің тарихи қалыптасуына өзінің үлесін қосады, сол арқылы сый-құрметке, беделге, шынайы зиялылыққа ие болады.

5. Адамгершілік. Адамгершілік борыш сезімі – өлкетану іс-әрекетін маңызды ынталандырушы күш. Адам өзінің кәсіби қызметінің туған жердің тарихымен, тағдырымен байланысын сезінгенде және тарихи ескерткіштерді сақтаудың жауапкершілікті іс екендігін мойындағанда ғана өлкетанумен айналысады. Өлкетану арқылы туған жердің тарихи ескерткіштерін сақтау және ұрпақтан-ұрпаққа жеткізу арқылы адамдар бір топқа бірігетін болса, ол қозғалысшылардың ағартушылық және ұйымдастырушылық жұмысының арқасында мүмкін болады, мұның өзі басқалар үшін адамгершіліктің үлгісі болып табылады. Өлкетануды оқу қажет емес, өлкетанушы болу керек. Ол үшін рухани дамудың белгілі бір деңгейіне қол жеткізу қажет, сонда өлкетанумен айналысу адамгершілік қажеттілікке айналады [4-7].

Қазіргі кезде табиғатты қорғау және табиғат байлықтарын тиімді пайдалану мәселесі бүкіл жұртшылық назарында. Сондықтан қазіргі адамзаттың алдында тұрған көкейкесті мәселелердің бірі – қоршаған ортаның тиімді қарым-қатынасының негізгі принциптерін қайта қарау, туған өлке табиғатын аялап, оны қорғаудың экологиялық жолдарын ұтымды шешу. Бүгінгі таңдағы мектеп мұғалімдерінің аса жауапты міндеттерінің бірі – оқушылардың санасына туған өлке табиғатына, қоршаған ортаға деген жанашырлық сезімдерін оятып, ол арқылы туған өлке табиғатын қорғауға, оның байлығын сақтауға және молайтуға бағытталған экологиялық білім мен тәрбие беру.

Кесте 2. Қазақстанның физикалық географиясын оқыту үрдісінде өлкетанулық негізінде экологиялық білім беру әдістері

Сабақтың тақырыбы	Экологиялық білім	Өлкетанулық білім	Оқытудың нәтижесі
Қазақстанның климаты	Ауаны ластаушы көздер. Ластанған ауаның зиянды әсері. Ауаны қорғау шаралары.	Өлкедегі ауа кеңістігінің ластану көрсеткіштері. Ауаның тіршілік үшін маңызы.	Өлкетану мен экологиялық әсерді ажырата білу.
Қазақстанның ішкі сулары: Каспий, Арал, және Балқаш экологиясы	Өзен-көл суларының ластану себептері. Ластанған судың зиянды әсері. Суды қорғау шаралары.	Өлкедегі өзен-көлдердің жағдайы. Судың тіршілік үшін маңызы.	Өлкедегі өзен-көлдерді қорғау. Судың маңызын түсіну.
Қазақстанның ауыл шаруашылығы	Егістік жерлердің эрозияға ұшырауы: а) жел эрозиясы; ә) су эрозиясы. Топырақты қорғау шаралары.	Өлкенің топырақ құрамы. Топырақтың тіршілік үшін маңызы.	Топырақтың құнарсыздануы мен күресу.
Қазақстанның өнеркәсіп орындары	Өнеркәсіптерден шығатын улы газдар, олардың қоршаған ортаға тигізетін зиянды әсерлері.	Өлкедегі өнеркәсіп орындарына сипаттама беру.	Өнеркәсіптерді қалдықсыз технология әдісіне көшіру.
Туған өлке экологиясы	Туған өлке табиғатының тазалығы және экологиялық мәселелері.	Туған өлкенің табиғи ерекшеліктері мен қазба байлықтары.	Туған өлке табиғатын қорғау жұмыстарына қатысу.

Соңғы жылдары мектеп оқушыларына география пәнін оқыту арқылы өлкетану негізінде экологиялық білім беру жолдары көптеген тәжірибелі мұғалімдердің дағдысына айналып келеді. География сабағында өлкетану материалдарын пайдалану оқушылардың бойында мынадай қасиеттерді қалыптастырады:

- 1) Оқудың өмірмен байланысын нығайтады;
- 2) Оқушылардың пәнге деген қызығушылығын арттырады;
- 3) Оқушылардың ойлау қабілеттерін жетілдіріп, шығармашылық қасиеттерін арттырады;
- 4) Оқушылардың туған өлке туралы білімдерін кеңейтіп, дүниетанымын қалыптастырады;
- 5) Өз өлкесіне деген сүйіспеншілік, патриоттық сезімдерін арттырады [8-10].

Жоғарғы сынып мұғалімінің алдында өлкетану жұмыстарын ұйымдастыруда екі түрлі міндет тұрады: біріншісі, мұғалім өз өлкесінің табиғи ерекшеліктерін білуі, оны жан-жақты зерттеп, өлкетану материалдарын жинауы қажет; екіншісі, мұғалім жиналған өлкетану материалдарын оқу-тәрбие үрдісінде пайдалануы жатады. Өлкетану материалдары мен өлкетану жұмыстары мұғалімнен үлкен педагогикалық шеберлікті, терең тиянақты білімді, оқу үрдісін дұрыс ұйымдастыруды талап етеді. Мұғалім жұмыстарды дұрыс ұйымдастыру арқылы қойған мақсатына аз уақыт пен күш жұмсап жетеді және жергілікті жердің табиғат ерекшеліктері туралы толық, әрі дұрыс түсінік алады.

Өлкетанудың білімдік мақсаттарының бірі – бақылай білуді қалыптастыру. Оған тек оқушылармен бірігіп, жүйелі жұмыс жасау нәтижесінде ғана жетуге болады. Ол үшін мынадай жағдайларды сақтау қажет:

1) Бақылаулардың мақсаты мен мазмұнын ашу және оларды өткізудің әдістемесін құру, оның практикалық және ғылыми құндылығын дәлелдеу;

2) Бақылаулардың барлық түрлері бойынша нақты объектілерді іріктеп алып, бағдарлама құру,

3) Материалдарды өңдеу мен бақылау барысында табиғат құбылыстар мен объектілерінің арасындағы байланыстарды белгілеп ашу [11-13].

Жалпы өлкетану материалдарын зерттеу мен жинау барысында түрлі әдістер қолданылады. Оларға бақылаулар, табиғат объектілерін суретке түсіру, жазу, өлкенің құрметті азаматтарымен әңгімелесу, өлкетану әдебиеттерімен танысу, мерзімді баспасөз жұмыстарымен танысу, экологиялық соқпақтар жатады. Мұғалімнің табиғи объектілері мен табиғат құбылыстарын бақылауды ұйымдастыруы бастауыш сынып оқушыларын табиғатпен, туған өлкемен таныстырудың бірден-бір жолы болып табылады. Оқушылардың өмірлік тәжірибелері мен бақылаулары арқылы мұғалім оларды табиғат заңдылықтарын ұғынуға, өлкені тануға, дүниетанымды қалыптастыруға көмектеседі [14, 15].

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Ақбасова А.Ж. Пособие по краеведению. – Алматы: Рауан. 2006. 23с.86
- [2] Баранский Краеведение в системе воспитательной работы. – Москва. 2003. 73 с.
- [3] Захлебный А.Н. На экологической тропе. Опыт. Воспитание. – М: Знание. 1986. 142 с.
- [4] Курманов М.К. Краеведческая работа учителя. – Алматы. 2005.
- [5] Қаженбаев С. Туған өлке – тұнған шежіре. – Алматы: Мектеп, 2010.
- [6] Половкин А.А. Краеведение в системе воспитательной работы. – М. 2008.
- [7] Сарыбеков Н.С. Воспитание любви к природе – Алматы: Мектеп, 2000.
- [8] Ягодковский К.Г. Экологические очерки о природе и человеке. – Москва: Просвещение, 2001. 128с.
- [9] Жунисова К.Ж. Туған өлкенің өсімдіктері мен жануарлары. Алматы: Атамұра. 2003. 68 б.
- [10] Кузнецов С.С. Геологические экскурсии. – Москва: 2001. 52 с.
- [11] Доклады конференции ООН по окружающей среде и устойчивому развитию. Рио-де-Жанейро, 2002. Том1, Нью-Йорк.
- [12] Дрейер О.К., Лось В.А. Экология и устойчивое развитие, М., «УРАО», 2012.
- [13] Rouse, J. W., Haas, R. H., Schell, J. A., and Deering, D. W. (2003) «Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS», Third ERTS Symposium, NASA SP-351, vol. 1, pp.309-317.
- [14] J. P. Dominguez, G. P. Willhite. Retention and Flow Characteristics of Polymer Solutions in Porous Media / J. P. Dominguez, G. P. Willhite // SPE 5835. -2005.
- [15] J. C. Cartmill, P.A. Dickey. Flow of a Disperse Emulsion of Crude oil in Water / J. C. Cartmill, P.A. Dickey // SPE 2481. -2010.

Нурабаева Л.С.

Роль краеведения в экологическом образовании

Резюме: Краеведение изучает определенную часть местного региона. Краеведческое образования формирует у учащихся патриотические чувства к родной земле. Любовь к родному краю у учащихся воспитывается через патриотические, нравственные, экологические и эстетические воспитания. Краеведение – это интересная и живая школа. Учителям тоже полезно заниматься краеведческой работой. Краеведческая работа учителей углубляет их знания, развивает педагогического мастерства, позволяет разнообразить методику преподавания уроков, также вносит точность и надежность в экологическое образование и воспитание. Краеведение связывает жизнь со школой.

Ключевые слова: Краеведение, структура краеведческой работы, школьное краеведение, краеведческая образования, экологическая образования.

Nurabaeva L.S.

The role of local lore in teaching ecology

Summary: Local lore means to investigate small places or small parts of the country. The article focuses on teaching local lore and bringing up students patriotism. Love to the native country assists students love to his own country, promote their feelings as humanity, ecological, esthetical. Studying local lore is very interesting and lively school. It is useful to the teacher himself who teaches local lore. They deepen their knowledge and teaching skills, able to modify the methodology for further development lessons, introduce environmental education and upbringing of accuracy and reliability. Local lore links school and life.

Keywords: Local lore, structure of teaching local lore, school local lore, knowledge about local lore is an ecological knowledge too.

УДК 006:62-5

O. S. Salykova, B.R. Salykov, D.G. Gryazin, A.B. Amandykova, A.U. Bugubayeva
(Kostanay State University named after A. Baytursynov, Kostanay, Republic of Kazakhstan,
amandykova_1983@mail.ru
State Scientific Center of the Russian Federation
Saint Petersburg JSC "CONCERN" CRI "ELECTROPRIBOR")

TO MATTER OF ANALYSIS OF REGULATORY DOCUMENTS AS SOURCE OF QUALITY OF INDUSTRIAL PRODUCTS

Abstract: In order to increase the quality of products of mechanical engineering production, it is necessary to have the parameters of units on all the stages of production correspondent to regulatory documents. These regulatory documents are the standards in the fields of metrology, technical control and other fields of mechanical engineering industry. The objective is to analyze similar documents in Russian Federation and harmonize them with the standards of the Republic of Kazakhstan.

Key words: quality of products, mechanical engineering enterprise, regulatory documents, standards, metrology, technical control, expertise, calibration, gaging, measuring.

О.С. Салыкова, Б.Р. Салыков, Д.Г. Грязин, А.Б. Амандыкова, А.У. Бугубаева
(Костанайский государственный университет имени А.Байтурсынова,
Костанай, Республика Казахстан, amandykova_1983@mail.ru
Государственный научный центр Российской Федерации
г.Санкт-Петербург АО «КОНЦЕРН «ЦНИИ «ЭЛЕКТРОПРИБОР»))

АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ КАК ИСТОЧНИК КАЧЕСТВА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

Аннотация: Для повышения качества продукции машиностроительного производства необходимо соответствие параметров изделий на всех стадиях изготовления нормативным документам. Такими нормативными документами являются стандарты в области метрологии, технического контроля и других сфер машиностроительного производства. Задача состоит в том, чтобы проанализировать аналогичные документы Российской Федерации и гармонизировать их со стандартами Республики Казахстан.

Ключевые слова: качество продукции, машиностроительное предприятие, нормативная документация, стандарты, метрология, технический контроль, экспертиза, калибровка, поверка, измерения.

Введение

Обеспечение качества продукции машиностроительных предприятий должно обеспечиваться на всех стадиях изготовления данной продукции. Особое внимание для обеспечения качества продукции машиностроения оказывает техническая подготовка производства, которая включает в себя конструкторскую, технологическую и организационную подготовку.

Конструкторская подготовка завершается конструцией изделия и созданием чертежей в соответствии с Единой Системой Конструкторской Документации (ЕСКД).

Основными задачами технологической подготовки производства (ТПП) являются освоение производства и обеспечение выпуска новых изделий высокого качества в установленные сроки и заданного количества с высокой экономической эффективностью их производства и эксплуатации, а также совершенствование действующей технологии выпуска изделий.

Технологическая подготовка производства изделий машиностроения включает решение следующих задач:

- а) обеспечение технологичности конструкции изделия;
- б) разработка технологических процессов и методов контроля;
- в) проектирование и изготовление технологической оснастки и нестандартного (специального) оборудования;
- г) организация и управление процессом ТПП.

Качество изделий достигается контролем параметров изделий на всех стадиях их изготовления, начиная с контроля качества поступающих материалов, из которых изготавливается изделие, заготовок

и комплектующих. Немаловажным является контроль соблюдения технологической дисциплины, разработка и внедрение новых методик, методов и средств контроля и испытаний. Даже контроль условий хранения материалов, заготовок, комплектующих изделий и готовых изделий оказывает существенное влияние на качество продукции. Необходимо также систематически проверять техническое состояние технологического оборудования и оснастки на соответствие требованиям, обеспечивающим необходимое качество изготовления деталей.

Требования, предъявляемые к качеству изделия, должны быть регламентированы нормативными документами и отраслевыми стандартами, в которых отражаются контролируемые параметры, обеспечивающие надежность функционирования данных изделий.

Осуществлять контроль изделий можно при наличии соответствующего метрологического обеспечения и метрологической службы, которая и будет обеспечивать периодичность проверок и качество их проведения.

Качество любой технической системы зависит, прежде всего, от качества изготовления деталей, т.е. от их соответствия техническим требованиям, нормативным документам и стандартам. Детали должны соответствовать этим документам по геометрическим параметрам и технологическим свойствам. Геометрические параметры включают в себя правильность геометрической формы, соответствие размеров деталей техническим требованиям, т.е. отклонение размеров деталей должны быть в пределах допуска указанных на чертежах, а также шероховатостью, которая также регламентируется нормативными документами.

Точность размеров деталей и их шероховатость определяются объективными и субъективными факторами. К объективным факторам относятся оборудование и инструмент, используемый для изготовления деталей, а точнее система: станок, приспособление, инструмент, деталь (СПИД). К субъективному фактору относится оператор, работающий на этом оборудовании. Субъективность заключается в его умении, опыте работы, квалификации и т.п. (состояние здоровья, зрение и т.д.)

К технологическим свойствам деталей относятся:

- твердость;
- прочность;
- упругость;
- пластичность;
- коррозионная стойкость;
- износостойкость и т.п.

Каждый из этих показателей также регламентируется нормативными документами.

Как видно из вышесказанного, на качество выпускаемой продукции оказывает влияние целый комплекс мероприятий. На всех стадиях этого комплекса должно быть документальное сопровождение этих мероприятий.

В настоящее время в Республике Казахстан был принят «Закон об обеспечении единства измерений», последняя редакция которого была произведена в 2012 г. [8].

Таковыми нормативными документами являются стандарты в области метрологии, технического контроля и других сфер машиностроительного производства.

Анализ

Для повышения качества машиностроительных предприятий Республики Казахстан был дан анализ опыта Российской Федерации в области регулирования качества промышленных отраслей и отдельных предприятий, включая аспекты качества выполнения метрологических работ и работ по техническому контролю на предприятиях машиностроения Российской Федерации.

Так, качество метрологических работ в Российской Федерации связано с государственной политикой в области качества выпускающей продукции, а также установлено требованиям стандартов качества серии ISO 9000.

В федеральном законе о метрологии говорится «Законодательство Российской Федерации об обеспечении единства измерений основывается на Конституции Российской Федерации» [1]. В статье 11 этого закона утверждается, что Государственное регулирование в области обеспечения единства измерений осуществляется в следующих формах:

- 1) утверждение типа стандартных образцов или типа средств измерений;
- 2) поверка средств измерений;
- 3) метрологическая экспертиза;
- 4) федеральный государственный метрологический надзор;
- 5) аттестация методик (методов) измерений;

б) аккредитация юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на выполнение работ и (или) оказание услуг в области обеспечения единства измерений.

В соответствие с этим законом «тип стандартных образцов или тип средств измерений, применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, подлежит обязательному утверждению. При утверждении типа средств измерений устанавливают показатели точности, интервал между поверками средств измерений, а также методика поверки данного типа средств измерений» [1]. Испытания стандартных образцов или средств измерений в целях утверждения типа проводятся юридическими лицами, аккредитованными на этот вид деятельности.

Таким образом, на основании требований закона, в РФ сложилась практика, при которой производители средств измерений или дистрибьюторы, поставляющие приборы на отечественный рынок, должны по каждому из приборов выводимых на рынок провести процедуру утверждения типа стандартных образцов или типа средства измерения. Порядок этой процедуры предложен в правилах [2].

Процедура поверки входит в сферу Государственного регулирования, а процедура калибровки не входит. В связи с этим, организации, выполняющие работы по поверке должны быть аккредитованы на право выполнения таких работ.

Как известно калибровка и поверка измерительных приборов являются обязательными и самими распространенными процедурами, без которых не обходится ни одно предприятие. Ответственность за эти процедуры несут метрологические службы предприятий. Поверку проходят все измерительные средства.

Поверки бывают следующих видов [3]:

- Первичная поверка средств измерений это поверка, выполняемая при выпуске средства измерений из производства или после ремонта, а также при ввозе средства измерений из-за границы.

- Периодическая поверка средств измерений это поверка средств измерений, находящихся в эксплуатации или на хранении, выполняемая через установленные интервалы времени между поверками (межповерочные интервалы). При этом, межповерочные интервалы устанавливаются нормативными документами по поверке в зависимости от стабильности того или иного средства измерений и могут устанавливаться от нескольких месяцев до нескольких лет. Кроме того, приборы могут подвергаться внеочередной, инспекционной поверке, выборочной поверке. Проверку проходят только те приборы, которые имеются в госреестре средств измерений в соответствии с описанием типа прибора. По результатам поверки выдаётся свидетельство, в котором констатируется факт того, что погрешность измерительного средства не выходит за допустимые пределы. При этом в свидетельстве указывается, что прибор годен к эксплуатации и указывается срок очередной поверки. В случае, если погрешность превысила нормированное значение, прибор бракуется и отправляется на ремонт или списание. Процедура поверки входит в сферу государственного регулирования, а метрологические службы предприятий имеют право выполнять поверку только в случае их аккредитации на право поверки, которую производит Росаккредитация.

Калибровки, в отличие от поверки, не входят в сферу государственного регулирования. При выполнении калибровки формируется протокол, в котором отражены характеристики измерительного средства при задании контрольных воздействий в разных точках диапазона, а по её результатам выписывается сертификат. В сертификате отражается калибровочная характеристика, заключение о годности измерительного средства не делается. Калибруемые измерительные средства также имеют межкалибровочный интервал. Их используют в технологических и исследовательских целях, но не при сдаче продукции.

Методики выполнения измерений (МВИ) включает в себя различные этапы, связанные с формированием и предварительным отбором методов решения измерительной задачи, выбора метода и средств измерений, организацию и проведение теоретических и экспериментальных исследований по оценке показателей точности, аттестацию методик измерений.

МВИ по сложности измерения и области применения излагают в отдельных документах, где указывают наименование и назначение методики, условия выполнения и погрешности измерений, методы измерений и т.п. МВИ проходят аттестацию, это одна из форм государственного регулирования обеспечения единства измерений.

Критериями аттестации методик измерений являются:

- полнота изложения требований и операций в документе на методики измерений;
- наличие и обоснованность показателей точности;
- соответствие требованиям нормативных правовых документов в области обеспечения единства измерений.

Также в сфере государственного метрологического контроля Российской Федерации находятся процедуры метрологической экспертизы, целью которой является соответствия методов измерений, адекватности применения измерительных средств и правильного использования способов расчета погрешностей измерительным задачам. Она включает в себя экспертизу текстовой конструкторской документации и экспертизу технологической документации. Данную экспертизу выполняют организации, аккредитованные на право её выполнения. По результатам экспертизы составляется заключение.

Так как Российская Федерация широко интегрируется в различные международные организации по аккредитации, то начиная с 2015 года, постепенно вводится процедура межлабораторных измерительных испытаний (сличений). Данная процедура осуществляет проверку квалификации лабораторий для обеспечения качества выполняемых работ и регламентирована ГОСТ [5]. Межлабораторные сличительные испытания (МСИ) согласно [6] определяются как организация, проведение и оценка измерений или испытаний одинаковых или сходных образцов двумя или более лабораториями или органами инспекции в соответствии с заранее установленными условиями.

Областью применения МСИ являются - определения способности отдельных лабораторий проводить специальные (арбитражные) измерения;

- установления эффективности и сопоставимости новых методов испытаний и измерений;
- обеспечения дополнительного доверия у заказчиков лаборатории;
- определения наиболее компетентных лабораторий;
- использования результатов при установлении аттестованных значений стандартных образцов;
- аттестации методик измерений.

Межлабораторные сличения включают в себя организацию, проведение измерений и оценку их результатов на специально подобранных шифрованных образцах в нескольких лабораториях в соответствии с предварительно заданными условиями. Организация и проведение работ осуществляется провайдером межлабораторных сличений. Требования к провайдеру изложен в [7]. Провайдер исследует эталон сравнения и организует его отправку всем участникам сличений. Участники сличений независимо друг от друга проводят измерения эталона сравнения, который характеризуется номинальным значением измеряемой величины. На основании выполненных измерений участники сличений определяют оценку номинального значения и соответствующую стандартную неопределенность измерения. Полученные результаты направляются провайдеру, который по итогам анализа определяет опорное значение сличений, его неопределенность, и формирует наибольшее подмножество согласованных (надежных) результатов измерений. Лаборатории с ненадежными результатами исключаются из списка участников сличений.

Заключение

Вышеприведенный анализ показывает, что стандарты в области метрологии, технического контроля в РФ и РК имеют много общего, однако имеются существенные различия. Поскольку много общих машиностроительных предприятий у наших стран необходимо произвести гармонизацию вышеперечисленных нормативных документов.

Российская Федерация еще 2006 году [9] совместно с зарубежными специалистами и учеными в области стандартизации начало процесс интегрирования в мировое пространство. В связи с этим РК необходимо использовать мировой опыт гармонизации с международными стандартами [10]:

- «метод обложки», когда международный стандарт после квалифицированного перевода, практически без изменений принимается в качестве национального;
- «метод модификации», при котором уникальность объекта по его назначению или условием эксплуатации вынуждает готовить новый самостоятельный документ с учетом национальной специфики, но не противоречащий международной практике. Такой подход отличается логической стройностью и простотой.

Данные исследования проходят в рамках финансируемого программно-целевого проекта №BR05236539 «Комплексные исследования процессов обеспечения качества продукции машиностроительных предприятий и формирование системы нормативных документов для повышения эффективности производства»

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Федеральный закон "Об обеспечении единства измерений" №102 принят 26.06.2008 (редакция от 13.07.2015).
- [2] ПР 50.2.105-09 ГСИ "Порядок утверждения типа стандартных образцов или типа средств измерений"
- [3] РМГ 29 - 2013 Метрология. Основные термины и определения
- [4] ГОСТ Р 8 563-2009 "Методики (методы) измерений"

[5] ГОСТ ИСО/МЭК 17025 -2009 Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий

[6] ILAC-P9:06/2014 ILAC Policy for Participation in Proficiency Testing Activities In the accreditation process for inspection bodies.

[7] ГОСТ ИСО/МЭК 17011- 2009 Оценка соответствия. Общие требования к органам по аккредитации, аккредитующим органы по оценке соответствия.

[8] Закон об обеспечении единства измерения в Республике Казахстан, 2012

[9] О.Ю. Сорокина Проблема стандартизации машиностроения в рамках реформы технического регулирования Вестник ДКТУ 2009 Спец. выпуск

[10] Кершенбауле В. Стандартизация - значимый фактор конкурентноспособности нефтегазового оборудования / В.Кершенбаум/ Промышленные ведомости – 2007. № 9

Салыкова О.С., Салыков Б.Р., Грязин Д.Г., Амандыкова А.Б., Бугубаева А.У.

Өндірістік өнімдер сапасының көзі ретінде нормативтік құжаттаманы талдау

Түйіндеме. Машина жасау өнімдерінің сапасын жақсарту үшін өндірістің барлық сатыларында өнімнің параметрлерін нормативтік құжаттарға сәйкестендіру қажет. Мұндай нормативтік құжаттар метрология, техникалық бақылау және машина жасау өндірісінің басқа салалары бойынша стандартты болып табылады. Мақаланың мақсаты - Ресей Федерациясының ұқсас құжаттарын талдау және оларды Қазақстан Республикасының стандарттарына сәйкестендіру.

Түйінді сөздер: өнім сапасы, машина жасаушы кәсіпорын, нормативтік құжаттар, стандарттар, метрология, техникалық бақылау, тексеру, калибрлеу, тексеру, өлшеу.

УДК 004.89:004.4

G.A. Samigulina¹, Zh.S. Lukmanova²

(¹ Institute of information and computing technologies of KN MES RK

² Institute of information and telecommunication technologies, Kazakh national research technical university named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

E-mail: galinasamigulina@mail.ru)

DEVELOPMENT OF COGNITIVE SMART - TECHNOLOGY FOR DISTANCE LEARNING OF PEOPLE WITH LOW VISION IN ENGINEERING SPECIALTIES

Abstract. The article is devoted to the urgent problem of creating innovative cognitive Smart-technology for distance learning of people with low vision (PLV) modern real industrial equipment in the oil and gas industry. The actual problem of training of highly professional engineers is solved on the basis of connection to the laboratory of collective use of Honeywell company for training equipment using the distributed control system (DCS) Experion PKS. Application of cognitive approach allows to provide high-quality personalized distance learning depending on the type of central nervous system of students, psychophysiological features of perception and assimilation of the current information and also features of vision. The processing of the descriptors characterizing each student is carried out on the basis of the approach of artificial immune systems (AIS). The formation of cognitive-visual schemes for the dynamic supply of personalized training information and work with equipment in the laboratories of collective use can significantly improve the level of training and contributes to the formation of professional skills in managing complex technical and technological processes.

Key words: cognitive Smart - technology, distance learning, people with impaired vision, intelligent technology, artificial immune systems, collective use labs.

¹Г.А. Самигулина, ²Ж.С. Лукманова

(¹ Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан,

² Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева, Алматы, Казахстан,

E-mail: galinasamigulina@mail.ru)

РАЗРАБОТКА КОГНИТИВНОЙ SMART – ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМ СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ ЛЮДЕЙ С ОСЛАБЛЕННЫМ ЗРЕНИЕМ

Аннотация. Статья посвящена актуальной проблеме создания инновационной когнитивной Smart-технологии для дистанционного обучения людей с ослабленным зрением (ЛОЗ) современному реальному промышленному оборудованию в нефтегазовой отрасли. Решается актуальная проблема подготовки высокопрофессиональных инженерных кадров на основе подключения к лаборатории коллективного пользования (ЛКП) компании Honeywell для обучения оборудованию с использованием распределенной системы управления Experion

PKS. Применение когнитивного подхода позволяет обеспечить качественное персонализированное дистанционное обучение в зависимости от типа центральной нервной системы обучающихся, психофизиологических особенностей восприятия и усвоения текущей информации, а также особенностей зрения. Обработка дескрипторов, характеризующих каждого обучающегося, осуществляется на основе подхода искусственных иммунных систем (ИИС). Формирование когнитивно-визуальных схем для динамической подачи персонализированной обучающей информации и работы с оборудованием в ЛКП позволяет существенно повысить уровень обучения и способствует формированию профессиональных навыков управления сложными техническими и технологическими процессами.

Ключевые слова: когнитивные Smart – технологии, дистанционное обучение, люди с ослабленным зрением, интеллектуальная технология, искусственные иммунные системы, лаборатории коллективного пользования.

Введение. Движущей силой современного общества является научно-технический прогресс в области создания новейших высокоэффективных информационных технологий. Эволюция в сфере создания нового высокотехнологичного промышленного оборудования, а также сложности, связанные с его эксплуатацией, требуют разработки эффективных подходов для подготовки высокопрофессиональных инженерных кадров и применения инновационных технологий дистанционного обучения (ДО). В информационном пространстве дистанционное обучение является одним из перспективных направлений в образовании. В работе [1] представлены исследования по внедрению дистанционного обучения в различных странах, таких как Австралия, Россия, Турция, Саудовская Аравия и проведен сравнительный анализ эффективности его использования. В статье [2] рассматриваются современные технологии обработки информации и влияние ДО на процесс обучения.

Характерной особенностью современного ДО является разработка и внедрение интеллектуальных технологий, рост инноваций и переход на новые формы персонализированного обучения [4]. В последнее время актуальны разработки интеллектуальных информационных технологий ДО с использованием различных нетрадиционных биоинспирированных подходов на основе нейронных сетей, генетических алгоритмов, искусственных иммунных систем (ИИС) [3], алгоритмов роевого интеллекта и т.д.

Широкое распространение получили Smart – технологии, которые предполагают применение когнитивного подхода при организации процесса обучения [5]. В работе [6] описаны современные подходы ИИ и когнитивные технологии для улучшения традиционных методов преподавания в онлайн режиме. Индивидуальные различия в характере являются предметом исследования [7]. Рассматриваются различные психотипы человека и влияние характера на его поведение. В исследованиях [8,9] на основе методов ИИ анализируется эмоциональная устойчивость обучающихся, влияющая на успех работы в онлайн-группах.

Также в последнее время вызывают интерес когнитивные Smart - технологии ДО для людей с ослабленным зрением [10]. В статье [11] отмечается, что хорошее зрение является неотъемлемой частью процесса ДО. Проблемы со зрением приводят к снижению эффективности учебного процесса и требуют определенной коррекции поведения при изучении информации за компьютером [12]. Актуальна разработка специализированных систем ДО для людей с ослабленным зрением. Исследования [13] посвященные разработке специализированной мультиагентной системе дистанционного обучения для людей с ограниченными возможностями зрения на основе нейронных сетей и нейро-нечеткой логики.

Предлагаемые исследования являются продолжением цикла работ, посвященных дистанционному обучению инженерным специальностям. В работе [14] представлена процедура сбора данных с реального объекта промышленной автоматизации с использованием оборудования Schneider Electric и организации информационного обмена данными для интеллектуальной системы управления на основе ИИС. Применяется технология OPC (OLE for Process Control), которая предназначена для обмена данными с системой измерения и управления, а также может использоваться при организации дистанционного доступа к реальному промышленному оборудованию в лабораториях коллективного пользования для обучения.

Постановка задачи и методы исследования. Постановка задачи формулируется следующим образом: необходимо разработать инновационную когнитивную Smart-технологию персонализированного ДО инженерным специальностям людей с ослабленным зрением в лабораториях коллективного пользования на современном промышленном оборудовании фирмы Honeywell с использованием платформы Experion PKS на основе применения подхода искусственных иммунных систем, а также когнитивно-визуальных схем для динамической подачи учебной информации в зависимости от психотипа обучающегося и особенностей зрения.

При решении поставленной задачи для определения состояния зрения используется таблица Сивцева, содержащая 12 рядов оптических знаков различной величины. Определение остроты зрения выполняется

по стандартной методике [15]. Для определения психотипа обучающегося используется специально разработанный опросник А. Белова, в котором после ответа на четыре блока вопросов, предлагается формула для наиболее точного расчета психотипа человека [16]. Психотип человека является определяющей характеристикой личности и важной отправной точкой для понимания индивидуальных различий в людях [17]. В таблице 1 рассматриваются четыре психотипа человека: сангвиник, холерик, флегматик и меланхолик.

Таблица 1. **Описание психотипов** для когнитивной Smart-технологии ДО ЛОЗ

Психотип	Описание психотипа	
	Сильные стороны	Слабые стороны
Сангвиник	Полон энтузиазма, щедрый, сострадательный, дружелюбный, общительный, разговорчивый, беззаботный, привлекательная личность.	Любит похвастаться, эгоист, неорганизованный, ненадежный, слабовольный, неуравновешенный, недисциплинированный.
Холерик	Активный, напористый, уверенный, мужественный, оптимист, прагматик, решительный, творческий.	Гордый, самоуверенный, невнимательный к людям, раздражительный, вспыльчивый, бесстрастный, властный.
Флегматик	Знает свое дело, располагающий, организованный, ответственный, консерватор, покладистый, надежный, спокойный.	Закрытый, эгоистичный, тяжелый на подъем, скупой, нерешительный, пассивный, робкий.
Меланхолик	Эстет, трудолюбивый, идеалист, одаренный, самоотверженный, верный, дисциплинированный.	Эгоистичный, мстительный, требовательный, пессимист, не практичный, строгий, обидчивый.

В реальной жизни нет людей, относящихся к определенному психотипу. Основное достоинство применения теста А. Белова заключается в том, что он показывает процентное соотношение всех четырех психотипов в характере человека и какие черты преобладают. Таким образом, этот тест помогает при анализе когнитивных характеристик человека и способствует построению адекватной модели обучающегося с ослабленным зрением. В зависимости от психотипа обучающегося и состояния зрения формируются когнитивно-визуальные схемы для динамической подачи обучающей информации и работы с оборудованием в ЛКП.

На рисунке 1 приведена структурная схема когнитивной Smart – технологии ДО для людей с ослабленным зрением. На первом этапе функционирования когнитивной SMART- технологии ДО осуществляется тестирование людей по зрению и определение его психотпа. Далее создается база данных индивидуальных признаков (дескрипторов) характеризующих каждого обучающегося. Затем осуществляется обработка многомерных данных на основе подхода ИИС [14]. После этого формируются когнитивно-визуальные схемы. На следующем этапе происходит подключение к ЛКП для обучения на реальном оборудовании фирмы Honeywell, которое широко применяется в нефтегазовой отрасли [18]. Затем осуществляется динамическая подача учебной информации на основе разработанных когнитивно-визуальных схем с учётом особенности зрения и психотипа обучающегося.

В ЛКП используется современное промышленное оборудование на основе распределенной системы управления - Experion PKS с технологией отказоустойчивого Ethernet (FTE), которая обеспечивает сетевой обмен на скорости до 100 Мбит/с для систем PlantScape, TotalPlant Solution (TPS) и Experion PKS [19]. На рисунке 2 представлена модель ЛКП с оборудованием компании Honeywell на базе Experion PKS (FTE).

Решение Experion PKS содержит основанные на стандартах функции и инструменты для соблюдения нормативных требований, а также обеспечивает интеграцию, начиная с уровня бизнес-операций и заканчивая операциями на уровне контрольно-измерительных приборов (КИП) и производства. FTE, входящая в состав Experion и других систем Honeywell, представляет собой современное архитектурное решение, предполагающее использование готового коммерческого оборудования и аппаратных сетевых средств

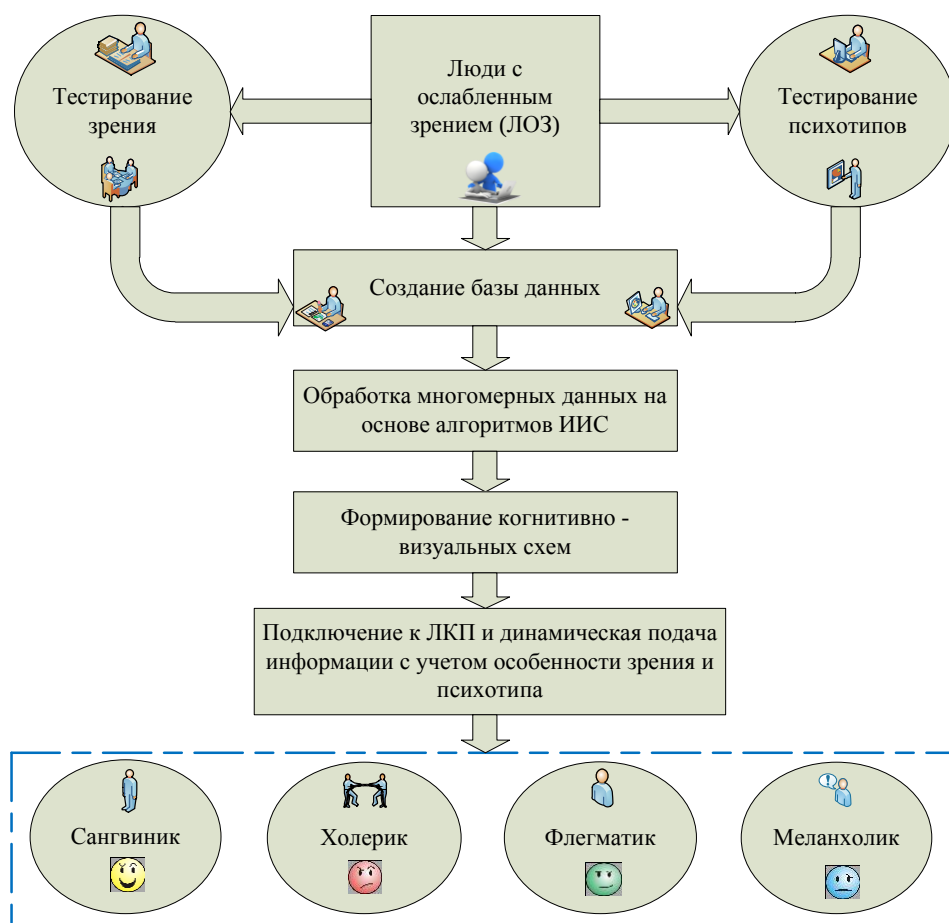


Рис.1. Когнитивная SMART- технология ДО для ЛЮЗ

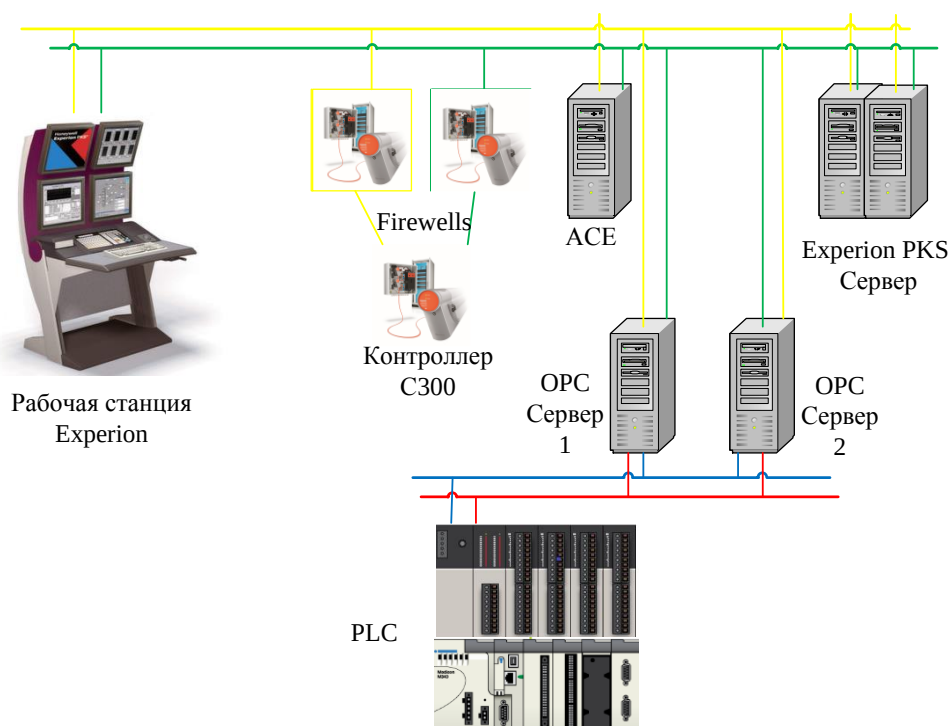


Рис.2. Модель ЛКП с оборудованием фирмы Honeywell

Использование платформы Experion PKS позволяет создать единый комплекс, который обеспечивает прямой доступ к каждой рабочей станции, любому контроллеру и системам сбора данных, обеспечивая повышенный уровень отказоустойчивости, снижает затраты на ввод в эксплуатацию и обслуживание.

Резюме. Исследования по созданию инновационной когнитивной Smart - технологии дистанционного обучения людей с ослабленным зрением инженерным специальностям на основе биоинспирированного подхода ИИС с использованием современных средств вычислительной техники, а также реального промышленного оборудования фирмы Honeywell являются актуальными и решают важную задачу подготовки высококвалифицированных инженерных кадров в нефтегазовой отрасли.

Работа выполняется по гранту Комитета науки Министерства образования и Науки Республики Казахстан (2018–2020 гг.), по теме «Разработка когнитивной Smart – технологии для интеллектуальных систем управления сложными объектами на основе подходов искусственного интеллекта».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Zhang L., Worthington A.C. Scale and scope economies of distance education in Australian universities. Scale and scope economies of distance education in Australian universities // *Studies in Higher Education*. - 2016. P.14-17.
- [2] Nurmukhametov N., Temirova A., Bekzhanova T. The Problems of Development of Distance Education in Kazakhstan // *J. Procedia - Social and Behavioral Sciences*. – Elsevier, 13 May 2015. – Vol. 182. – P. 15-19.
- [3] Natalie Milman B. Distance Education // *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences (Second Edition)*. – Elsevier. - 2015. - P. 567-570.
- [4] Lee, Chin-Ling., Huang, Chih-Hui., Lin, Cheng-Jian. Test-Sheet Composition Using Immune Algorithm for E-Learning Application // *New Trends in Applied Artificial Intelligence*. – Berlin: Springer-Verlag, 2007. – P. 823-833.
- [5] Popova O., Popov B., Karandey V. Intelligence Amplification in Distance Learning through the Binary Tree of Question-answer // *J. Procedia - Social and Behavioral Sciences*: – Elsevier, 5 December 2015. – Vol. 214. - P. 75 – 85.
- [6] Yousif J.H., Saini D. K. and Uraibi H. S. Artificial Intelligence in E-learning-Pedagogical and Cognitive Aspects // *Proc. of the World Congress on Engineering*. - London, U.K. – 2011. – Vol 2. – P.452-457.
- [7] Mathewson K.J., Tang A., Fortier P., Miskovic V., Schmidt L.A. Individual Differences in Temperament: Definition, Measurement, and Outcomes // *Reference Module in Neuroscience and Biobehavioral Psychology*. - Elsevier, 2017. - P. 418-425.
- [8] Vasilenko E.A., Meshcheryakova T.V., Koltsova E.M., Dikaya E.A. The development of information-education materials for systems of distance learning: «Protection of Intellectual Property», an example of a course of study // *Scientific and Technical Information Processing*. - 2011. - № 38(3). – P.193-200.
- [9] Seyma Kucukozzer-Cavdara, Tugba Taskaya-Temizela. Analyzing the effects of the personality traits on the success of online collaborative groups // *Proc. of 2nd International Conference on Higher Education Advances*. - València, Spain, Elsevier. - 21-23 June 2016. - P. 37-923.
- [10] Самигулина Г.А., Самигулина З.И. Разработка инновационной когнитивной SMART – технологии дистанционного обучения современному промышленному оборудованию в рамках концепции цифровизации промышленности Казахстана // *Материалы круглого стола «Цифровизация промышленности - основа четвертой промышленной революции»*. – Алматы, 20 апреля 2018. – С. 88-91.
- [11] Bhowmick A., Hazarika S.M. An insight into assistive technology for the visually impaired and blind people: state-of-the-art and future trends // *Journal on Multimodal User Interfaces*. - 2017. –Vol. 11, Issue 2. – P.149–172.
- [12] Шилкин Г.А. Физиологическая оптика. Рефракция, аккомодация: учебное пособие для студентов мед. ВУЗов. – М.: Медицина, 2007 – С. 20-45.
- [13] Samigulina G. A., Shayakhmetova A. S., Nyussupov A. Innovative intelligent technology of distance learning for visually impaired people // *J. Open engineering*. – 2017. - №7. - P. 444-452.
- [14] Samigulina G.A., Samigulina Z.I. Intelligent System of Distance Education of Engineers, based on Modern innovative Technologies // *Proc. of the II International Conference on Higher Education Advances, HEAd'16. J. Procedia- Social and Behavioral Sciences*. – Valencia, Spain: Elsevier, 21-23 June 2016. - № 228. – P. 229-236.
- [15] Копеева В.Г. Глазные болезни. Основы офтальмологии: учебник. – М.: Медицина, 2012 – С. 510-560.
- [16] <https://psycabi.net/testy/202-test-na-temperament-a-belova> (11.07.2018).
- [17] Samuel P. Putnam. Temperament // *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences (Second Edition)*. - Elsevier, 2015. - P. 173-179.
- [18] Техническая документация: Руководство по планированию серверной и клиентской части фирмы Honeywell. – 2008. – 37с.
- [19] Бахур В. Honeywell представила решение для модернизации диспетчерских на промышленных предприятиях. – <http://www.cnews.ru/news/line/2017-09-27/Honeywell-predstavila-reshenie-dlya-modernizatsii> (05.07.2018).

Самигулина Г.А., Лукманова Ж.С.

Smart-технологияларының когнитивной қызметтердің тұрғын үйлестірілігінің дәстүрлерінің құқықтарының қызметінің негізгі сипаттамасы

Резюме. Әзірлеу кезінде инновациялық когнитивтік Smart-технологиялар үшін жеке қашықтықтан оқыту қабілеті инженерлік мамандықтар орынды пайдалану когнитивтік-визуалды схемаларын үшін динамикалық берілген оқу апаратын түріне байланысты орталық жүйке жүйесінің білім алушылардың (холерики, сангвиники, флегматики және

меланхолики) және ерекшеліктерін көру (миопия немесе гиперметропии) зертханаларда ұжымдық пайдалану, қазіргі заманғы өнеркәсіптік жабдықтар фирмасының Honeywell.

Түйінді сөздер: когнитивті Smart – технологиясы, қашықтан оқыту, көру қабілеті нашар жандар, интеллектуалды технология, жасанды иммунды жүйе, ұжымдық пайдалану зертханасы.

Samigulina G.A., Lukmanova Zh.S.

Development of cognitive smart - technology for distance learning of people with low vision in engineering specialties

Summary. When developing innovative cognitive Smart - technology for personalized distance learning of people with low vision in engineering specialties, it is expedient to use cognitive-visual schemes for dynamic delivery of educational information depending on the type of central nervous system of students (choleric, sanguine, phlegmatic and melancholic) and vision features in laboratories for collective use on modern industrial equipment from Honeywell.

Key words: cognitive Smart - technology, distance learning, people with impaired vision, intelligent technology, artificial immune systems, laboratory use.

УДК 622.054

¹K.S. Nadirov, A.S. Sadyrbaeva, A.A. Esentaeva, ²Y.A. Nifontov, ³R.K. Nadirov

(¹Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауезова, Казахстан, Шымкент,

² State Marine Technical University of St.Petersburg, Russia, Saint Petersburg,

³ Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

e-mail: a.sadyrbaeva@mail.ru)

OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF THREE-LAYER COATINGS FOR PROTECTION OF PIPELINES FROM CORROSION

Abstract. The objects of the study were corrosion of the multilayer coating to protect the pipelines from corrosion. The aim of the work is to improve the quality of anti – corrosion multilayer coatings by optimizing the composition of individual layers and increasing the efficiency of joint operation of the developed composites in a single coating. In solving the problems used a set of existing basic research methods, including numerical methods, existing methods of planning and conducting experimental studies using modern tools and verified metrological equipment, statistical methods of processing and analysis of experimental results using software packages Matlab, Excel, etc. the Set of these methods allowed to obtain complementary information about the objects under study. As a result, it was possible to improve the quality of the previously developed anti-corrosion multilayer coating to protect oil pipelines from corrosion, which resulted in an increase in the projected service life of protective coatings of pipelines from 37 to 56 years. Industrial tests of one of the anticorrosion multilayer coatings for protection of oil and gas pipelines against corrosion were carried out.

Key words: corrosion-resistant coating, oil, gossypol, goccipolava resin, composites.

¹К.С. Надиров, А.А. Есентаева, А.С. Садырбаева, ²Ю.А. Нифонтов, ³Р.К. Надиров

(¹Южно-Казахстанский государственный университет им.М.Ауезова, Шымкент, Казахстан

²С-Петербургский государственный морской технический университет, Россия, С-Петербург,

³Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, Алматы,

e-mail: a.sadyrbaeva@mail.ru)

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВОВ ТРЕХСЛОЙНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ НЕФТЕПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ

Аннотация. Объектами исследования являлись антикоррозионные многослойные покрытия для защиты нефтегазопроводов от коррозии. Цель работы – повышение качества антикоррозионных многослойных покрытий путем оптимизации состава отдельных слоев и увеличения эффективности совместной эксплуатации разработанных композитов в едином покрытии. При решении поставленных задач использован комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе численных методов, действующих методик планирования и проведения экспериментальных исследований с использованием современных средств и поверенного метрологического оборудования, статистических методов обработки и анализа результатов экспериментов с помощью пакетов программ Matlab, Excel и др. Совокупность этих методов позволила получить взаимодополняющую информацию об изучаемых объектах. В результате удалось повысить качество разработанного ранее антикоррозионного многослойного покрытия для защиты нефтепроводов от коррозии, что выразилось в увеличении прогнозируемого срок службы защитных покрытий трубопроводов с 37 до 56 лет. Проведены промышленные испытания одного из антикоррозионных многослойных покрытий для защиты нефтегазопроводов от коррозии.

Ключевые слова: антикоррозионные покрытия, нефтепроводы, госсипол, госсиполовая смола, композиты.

Активное развитие трубопроводного транспорта в Казахстане началось с конца 1960-х годов. Для транспортировки углеводородов в республике используется около 10715 км нефте- и газопроводов. Однако на сегодняшний день до 40% газонефтепроводов выработали нормативный срок. Доля эксплуатирующихся трубопроводов со сроком эксплуатации 20 лет составляет 63%, а более 30 лет – 20%. 50% всех аварий на трубопроводах происходит по причине коррозии, до 40% казахстанских трубопроводов требуют капитального ремонта [1,2]. Таким образом, актуальным является проведение исследований, связанных с прогнозированием долговечности трубопроводов, в частности их защитных покрытий в зависимости от состава и качества защитных покрытий. Большое место среди различных вариантов антикоррозионных покрытий для защиты нефтепроводов и оборудования от коррозии занимает изоляция полимерными материалами [3,4]. Для нанесения трехслойного полиэтиленового покрытия используют специально подобранные системы изоляционных материалов: порошковые эпоксидные краски, адгезионные полимерные композиции, композиции термостойкого стабилизированного полиэтилена низкой, высокой и средней плотности. При нанесении трехслойных полиэтиленовых покрытий на российских предприятиях применяются исключительно импортные изоляционные материалы: порошковые эпоксидные краски поставки фирм "3М" (США), "BASF Coatings" (Германия), "BS Coatings" (Франция), "DuPont" (Канада); композиции адгезива и полиэтилена поставки фирм "Borealis", "Basell Polyolefins" (Германия), "Atofina" (Франция) и др. Наилучшие результаты были получены при испытании заводских трехслойных систем с использованием порошковых эпоксидных красок фирм "BASF", "3М", "BS Coating", "Akzo Nobel", композиций адгезива и полиэтилена производства "Borealis", "Basell", "Atofina", "UBE" [5]. В Казахстане подобные материалы не производятся, но технология нанесения трехслойного полиэтиленового покрытия уже внедряется на отдельных совместных предприятиях.

Анализ литературных данных показал, что существует возможность путём подбора состава и свойств наполнителя и матрицы (связующего), их соотношения, ориентации наполнителя и др. получить материалы с требуемым сочетанием эксплуатационных и технологических свойств, которые можно будет использовать для защиты нефтепромыслового оборудования и нефтегазопроводов от коррозии в агрессивных высокоминерализованных средах. Возможно также повысить качество антикоррозионных многослойных покрытий для защиты нефтегазопроводов от коррозии путем оптимизации состава отдельных слоев и увеличения эффективности совместной эксплуатации разработанных композитов в едином покрытии [6,7]. Оценка долговечности защитных покрытий трубопроводов – важная задача, успешное решение которой позволяет оптимально назначить вид изоляции в зависимости от конкретных условий эксплуатации, планировать сроки капитального ремонта трубопроводов, а также выполнять технико-экономические расчёты эффективности применения изоляционных материалов и покрытий [8]. Повышение качества антикоррозионных многослойных покрытий и срока их службы для защиты нефтегазопроводов от коррозии имеет практическое значение для нефтедобывающей отрасли.

Основным объектом исследования являлось новое трехслойное покрытие состава, масс. %: наружный защитный полиэтиленовый слой: растительный наполнитель – гузапая – 32-35; минеральный наполнитель – волластонит – 7-8; сэвилен – 7-8; технический госсипол (ТГ) – 1,3-1,5; полиэтилен низкой плотности (ПЭНП) – 47,0-48,5; адгезионный промежуточный слой: ПЭНП – 76 -78, сэвилен – 7-8, госсиполовая смола (ГС) – 9 - 10 , вермикулит вспученный -5-6; внутренний слой, эпоксидный праймер (ЭП): эпоксидно-диановая смола (ЭД-20) – 58-65, полиэтиленполиамин (ПЭПА)-10, ГС – 15-20, волластонит – 10-12, которое было разработано авторами ранее [9,10], а также новые составы покрытия после оптимизации.

Использовали образцы защитных покрытий, нанесенных на стальные трубы с достаточными и удобными размерами для проведения эксперимента в лабораторных условиях: диаметром 8,0 см и длиной 0,5 м. Для достоверности полученных результатов достаточным являлось проведение однофакторного эксперимента в стандартных естественных грунтовых условиях без необходимости параллельных образцов. При подготовке образцов воспроизводили технологию нанесения покрытия (поверхность труб очищали от влаги и загрязнений, нагревали, грунтовали, наносили поочередно слои и т.д.) и его конструкцию (толщину, количество слоев и др.). Торцы трубчатых образцов заделывали герметичным материалом для исключения попадания грунта внутрь труб.

Полимерные композиции получали смешением в расплаве в лабораторном настольном многофункциональном двухшнековом экструдере UR-TC (Англия) с модульными шнеками и модульным цилиндром, принцип работы которого полностью соответствует технологическому процессу на производственной линии.

Исходная адгезия покрытия к стали и адгезия покрытия к стали после 1000 ч. испытаний в воде при различных температурах исследовалась по единой методике. Используемый метод разрушающего отрыва

предназначен для измерения адгезии покрытия на новых трубах и уложенных в грунт трубопроводах. Сущность метода заключается в определении нагрузки, при которой отслаивается под углом 90° полоса покрытия шириной (10 ± 1) мм. В качестве образцов для испытаний использовали образцы труб с покрытием. На каждом испытуемом участке трубопровода или трубы размечали и прорезали до металла в покрытии по окружности трубы по две полосы шириной 10 ± 1 мм и длиной 150 мм на расстоянии 5 мм друг от друга.

Адгезию покрытия к стали после определенного времени определяли для установления соответствия ее требованиям нормативной документации. Для проведения испытаний отбирали катушки длиной 150 мм из труб с покрытием. Условия проведения испытаний: время испытаний - 1000ч; температура $-20 \pm 2^\circ\text{C}$ и $60 \pm 3^\circ\text{C}$. На каждой катушке покрытие надрезали до металла по всему периметру трубы в виде трех полос шириной 20 мм. Каждую полосу покрытия поперечно надрезали и на ее конце отслаивали участок длиной, достаточной для зацепления зажимной скобы. На одной полосе адгезиметром измеряли прочность связи покрытия с поверхностью стальной трубы. В емкость заливали водопроводную воду, катушки труб помещали в термостат и выдерживали в течение 1000ч при нужных температурах, поддерживая уровень воды выше прорезанных полос. Затем катушки извлекали из воды, удаляли с поверхности влагу фильтровальной бумагой и выдерживали при комнатной температуре в течение 24ч. Затем измеряли и рассчитывали прочность связи покрытия с поверхностью стальной трубы.

Метод определения площади отслаивания защитных покрытий при катодной поляризации предназначен для проведения типовых испытаний на устойчивость покрытий к отслаиванию. Образцами для испытаний являлись покрытия, нанесенные на внешнюю поверхность труб диаметром 76 мм и длиной 150 мм в промышленных условиях. Вначале проводили подготовку к измерениям. Для этого в центре образца в защитном покрытии сверлили цилиндрическое отверстие диаметром в три раза больше толщины покрытия и поверхность металла в отверстии обезжиривали спиртом. Торцы трубы герметизировали токонепроводящим герметиком так, чтобы электролит не проникал к внутренней незащищенной поверхности трубы. Предварительно к концу каждой трубы прикрепляли провод для электрического контакта с образцом. Три испытуемых образца труб помещали вертикально, симметрично центру, в плоскодонную емкость с электролитом (раствор сернокислого натрия, хлористого натрия и углекислого натрия в дистиллированной воде 3%-ный, однопроцентный раствор по каждому компоненту). В центре емкости размещали анод. Площадь поверхности образца покрытия, находящейся в контакте с электролитом – 400 см^2 , расстояние между образцами и анодом - 40 мм. При этом образец поврежденной стороной обращали в сторону анода. Использовали магниевый анод, на котором устанавливали потенциал в пределах от минус 1,45 до минус 1,55В по медно-сульфатному электроду сравнения, что соответствует приблизительно минус 1,4В по хлорсеребряному электроду сравнения. Измерение установившегося потенциала на образце проводили с помощью электрода сравнения и высокоомного вольтметра постоянного тока.

Испытания на ударную прочность проводили по следующей методике. Для эксперимента применяли образцы в виде брусков прямоугольного сечения размерами $10 \pm 0,5 \times 15 \pm 0,5 \times 120 \pm 2$ мм. Надрез был выполнен в центре образца под углом 45° на глубину 7,5 мм. Для одного испытания использовали четыре образца без видимых дефектов. Испытания проводили на маятниковом копре КМ-1,5, в котором образец свободно лежал на двух опорах. Нагрузка осуществлялась при помощи маятника, производящего удар по всей ширине образца, при этом плоскость качания была перпендикулярна оси образца, уложенного на опоры, и проходила в середине пролета между ними. Центр удара совпадал с центром тяжести маятника и лежал на середине ширины образца. Расстояние между опорами составляло $70 \pm 0,2$ мм. Образец полностью прилегал к стенкам опор. Удар по образцу наносили только один раз. Ударную вязкость образца «а» в кДж/м^2 с надрезом определяли из соотношения: $a = A/S$, где A – работа, затраченная на разрушение образца, Дж; S – площадь поперечного сечения образца в месте разрушения, м^2 . За результат испытаний принимали среднее арифметическое значение четырех измерений, затем полученные значения были пересчитаны в Дж/мм.

Стойкость к растрескиванию под напряжением (сопротивление трещинообразованию) при четырехточечном изгибе образцов осуществляли в соответствии с методикой NACE TM0177 в испытательном растворе, моделирующем рабочие среды эксплуатации покрытия. Испытанию подвергали три продольных образца длиной 110 мм, шириной 15 мм и толщиной 5 мм в соответствии с ISO 7539-2.

Расчеты срока службы покрытий были выполнены по методикам, предложенным в работе [12], а также по кинематике изменений когезионной и адгезионной прочности и по значению переходного сопротивления, в таблицах приведено среднее значение по результатам использования этих трех методик.

Цель математической обработки совокупности экспериментальных данных – построение полезной аналитической модели изменения переходного сопротивления различных защитных покрытий во времени

при эксплуатации трубопровода на основе конечной выборочной совокупности экспериментальных данных [13].

По требованиям [11], оценка состояния защитных покрытий при эксплуатации подземных трубопроводов происходит по измерению переходного сопротивления R_n в цепи «труба–покрытие–грунт». В нормативном документе [14] также предлагается интегральная оценка состояния защитного покрытия подземных газопроводов по величине сопротивления изоляции. На основании требований этих нормативных документов проведён однофакторный эксперимент с использованием интегральной оценки качества защитных покрытий R_n -т.

Выбор метода решения многокритериальной задачи оптимизации и преодоление возникающих при этом математических проблем могут быть осуществлены только после построения математической модели задачи определения оптимального «состав-свойство» многокомпонентных смесей. В задаче оптимизации, как установлено из экспериментальных данных, присутствуют нелинейные невыпуклые функции. Применение для ее решения градиентных методов не дало положительных результатов. Поэтому для решения задачи был выбран метод «ψ-преобразования» [15]. При расчетах был использован алгоритм решения задачи, предложенный в работе [16], и разработанный в Казанском государственном архитектурно-строительном университете пакет программ, позволяющий численно реализовывать алгоритм предложенного подхода к подбору оптимального состава многокомпонентных смесей для поставленной задачи.

Достоверность экспериментальных данных подтверждена статистическими методами. Статистическую оценку достоверности результатов проводили по общепринятым методам с использованием компьютерных прикладных программ «MathCAD» и «Statistica».

В процессе проведения комплекса исследований по исследованию и улучшению совместимости различных индивидуальных полимеров с госсиполом и госсиполовой смолой мы исходили, прежде всего, из того, чтобы путем подбора соответствующих модификаторов – компатибилизаторов максимально приблизиться к возможности их равномерного взаимного диспергирования в процессе смешения. Важно было решать проблемы совместимости на границе раздела фаз, так как именно в этой приграничной области в результате соприкосновения разнородных компонентов и способности их к взаимному растворению предопределялось формирование комплекса физико-механических характеристик композиционных материалов. При этом учитывались современные принципы подбора компатибилизаторов и новые подходы к исследованию совместимости полимерных композиционных материалов на основе различных типов полимеров [17-19].

Определены значения характеристик поверхностных свойств исследованных систем для различных контактов трехслойного покрытия, имеющего предварительно определенный (до оптимизации) состав: наружный защитный полиэтиленовый слой (НЗПС), масс. %: растительный наполнитель – гузапая – 30; минеральный наполнитель – волластонит – 10 (вариант 1, НЗПС 1) или органомодифицированный слоистый силикат – 5 (ОМСС – ММТ, модифицированный 10% акрилатом гуанидина) (вариант 2, НЗПС 2); сэвилен – 10; госсипол – 1,0; ПЭНП – остальное; адгезионный промежуточный слой (АПС), масс. %: сэвилен – 5, госсиполовая смола – 10, вермикулит вспученный – 5; ПЭНП – остальное, внутренний слой – праймер (ВСП), масс. %: ЭД-20 – 60, ПЭПА – 10, госсиполовая смола – 20, волластонит – 10.

Полученные экспериментальные данные свидетельствовали о том, что в процессе эксплуатации разработанных защитных систем в физически агрессивных средах (вода и раствор ПАВ) наблюдается высокая устойчивость системы на всех границах раздела фаз для системы трехслойного покрытия при чередовании слоев ВСП – АПС – НЗПС 1-2. Если пропустить промежуточное адгезионное покрытие и реализовать контакт ВСП – НЗПС 1-2 по варианту 1 или 2, то система переходит в режим неустойчивости адгезионного контакта. Нами были определены также значения поверхностной энергии для каждого разработанного состава, предназначенного для формирования отдельных слоев и обеспечивающего заданные свойства (таблица 1).

Таблица 1. Сравнительная характеристика термостойкости отдельных слоев трехслойного покрытия

Назначение слоя	Значение поверхностной энергии, мН/м	Температура начала деструкции, °С	Температура потери 50% массы, °С
Наружный защитный полиэтиленовый слой (вариант 1)	36,8	350-358	440-445
Наружный защитный полиэтиленовый слой (вариант 2)	38,5	350-360	450-455
Адгезионный промежуточный слой	32,9	249-254	495-503
Внутренний слой – праймер	41,8	302-304	497-501

Полученные данные свидетельствуют о том, что предлагаемые полимерные композиты имеют различные значения поверхностной энергии (32,9; 36,8; 38,5; 41,8), температуры начала деструкции и потери 50% массы. Это свидетельствует о недостаточно рациональном конструировании предлагаемого трехслойного покрытия и невозможности использования данных составов в качестве единого трехслойного покрытия без снижения общей термостабильности покрытия из-за различной термостойкости отдельных компонентов. Теоретически, на основе анализа полученных данных, при использовании разработанной системы изоляционных материалов (без оптимизации составов) расчетный срок службы нового трехслойного покрытия при температурах эксплуатации до +60°C теоретически будет составлять не более 30 лет. В дальнейшем неоптимизированному составу многослойного покрытия в таблицах и описаниях присвоено название МП-1.

Поэтому на следующем этапе была выполнена оптимизация составов отдельных слоев с целью повышения совместимости отдельных слоев в трехслойном покрытии. При реализации математической оптимизации состава отдельных слоев были использованы два принципа:

1. Оптимизация, направленная на достижение максимально возможного качества каждого отдельного слоя. В этом случае в качестве критериев оптимизации были выбраны (в зависимости от назначения слоя) наиболее важные показатели, характеризующие свойства композиции: адгезия состава к стали и праймеру, индекс текучести расплава, прочность при растяжении, температура хрупкости, ударная прочность и т.д.;

2. Оптимизация, направленная на повышение совместимости отдельных слоев в трехслойном покрытии. В этом случае в качестве критериев оптимизации были выбраны значения поверхностной энергии каждого отдельного слоя и средней величины значения поверхностной энергии, при которой, вероятно, может быть достигнута общая термостабильность покрытия.

В таблице 2 приведены полученные результаты оптимизации, направленной на достижение максимально возможного качества каждого отдельного слоя для всех трех слоев с определением их совместимости в отдельном покрытии.

Таблица 2. Результаты оптимизации состава трех слоев и степень их совместимости в едином многослойном покрытии

Назначение слоя	Оптимальный состав, масс %:	Значение поверхностной энергии, мН/м	Температура начала деструкции, °C	Степень совместимости/ теоретический срок службы, лет
Наружный защитный полиэтиленовый слой	растительный наполнитель – гузапая – 34; минеральный наполнитель – волластонит – 8; сэвилен – 8; госсипол – 1,5; ПЭНП – 48,5.	37,8/36,8*	350	Средняя/ 37 лет
Адгезионный промежуточный слой	ПЭНП – 78, сэвилен – 7, госсиполовая смола – 9, вермикулит вспученный – 6.	36,8/32,9	254	
Внутренний слой – праймер	ЭД-20 – 64, ПЭПА-9, госсиполовая смола – 15, волластонит – 12.	43,8/41,8	303	

* - в знаменателе дроби указано значение поверхностной энергии для неоптимизированного состава МП-1.

В дальнейшем оптимизированному по первому принципу составу многослойного покрытия в таблицах и описаниях присвоено название МП-2. Полученные данные свидетельствуют о том, что предлагаемые полимерные композиты по-прежнему имеют различные значения поверхностной энергии (37,8; 36,8; 43,8) и температуры начала деструкции. Это свидетельствует о неприменимости первого принципа оптимизации для эффективного совмещения данных составов в качестве единого трехслойного покрытия без снижения общей термостабильности покрытия из-за различной термостойкости отдельных компонентов. Теоретически, на основе анализа полученных данных, расчетный срок

службы нового трехслойного покрытия МП-2 при температурах эксплуатации до +60°C теоретически будет составлять не более 37 лет.

При выполнении оптимизации, направленной на повышение совместимости отдельных слоев в трехслойном покрытии в качестве критериев оптимизации, были выбраны значения поверхностной энергии каждого отдельного слоя и средней величины значения поверхностной энергии, при которой может быть достигнута общая термостабильность покрытия. В качестве компромиссной величины значения поверхностной энергии была выбрана среднеарифметическая величина по данным таблицы 2 (38,3; покрытие МП-3-1), а также просчитаны варианты для наименьшего (32,9; покрытие МП-3-2) и наибольшего (43,8; покрытие МП-3-3) значений поверхностной энергии. Все расчеты выполнялись по вышеописанному алгоритму, полученные результаты приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты оптимизации состава трех слоев и теоретический срок службы многослойного покрытия

Показатели	Вариант покрытия		
	МП-3-1	МП-3-2	МП-3-3
Достигнутое для каждого слоя/ заданное значение поверхностной энергии, мН/м	38,4; 37,9; 39,2/38,3	35,4; 36,4; 38,7/32,9	39,2; 34,6; 42,5/43,8
Среднее отклонение по модулю, мН/м	0,47	3,93	4,64
Теоретический срок службы, лет	56,7	25,7	22,5

В таблице 4 приведена сравнительная характеристика термостойкости отдельных слоев трехслойного покрытия по лучшему варианту оптимизации – МП-3-1.

Полученные данные свидетельствуют о том, что, несмотря на различную химическую природу, за счет изменения состава отдельных полимерных композитов удалось добиться максимального сближения значений поверхностной энергии. Это теоретически свидетельствует о рациональном конструировании предлагаемого трехслойного покрытия и возможности использования данных составов в качестве единого трехслойного покрытия без снижения общей термостабильности покрытия из-за различной термостойкости отдельных компонентов. Практически данное положение подтверждают данные таблицы 5 по результатам испытания нового трёхслойного покрытия. Эти испытания на соответствие требованиям ГОСТ Р 51164, ТУ 1390-004-47966425-2007 и СТО Газпром 2-2.3-130-2007 к покрытиям нормального и специального исполнения неоднократно показали, что использование покрытия обеспечивает необходимые защитные свойства с температурой эксплуатации до плюс 60 °С.

Таблица 4. Сравнительная характеристика термостойкости отдельных слоев трехслойного покрытия

Назначение слоя	Оптимальный состав, масс %:	Значение поверхностной энергии, мН/м	Степень совместимости/ теоретический срок службы, лет
Наружный защитный полиэтиленовый слой	растительный наполнитель – гузапая – 32 минеральный наполнитель – волластонит – 7; сэвилен – 7; госсипол – 2; ПЭНП – 52.	38,4	Высокая/ 56 лет
Адгезионный промежуточный слой	ПЭНП – 75, сэвилен – 10, госсиполовая смола - 11, вермикулит вспученный -4.	37,9	
Внутренний слой – праймер	ЭД-20 – 58, ПЭПА-12, госсиполовая смола – 20, волластонит – 10.	38,7	

Таблица 5. Данные испытаний нового трехслойного покрытия труб

Основные показатели свойств покрытий	Трехслойное по-литиле- ное покрытие (импортные материалы)	Разработанное покрытие	Норма по техническим требованиям (ГОСТ Р 51 164)
1. Исходная адгезия к стали, кг/см, при температурах испытаний: 20±5 °С 60±3 °С	От 25,0 до 40,0 От 12,0 до 16,0	41,0 15,0	От 3,5 до 5,0 (7,0)* От 0,9 до 2,0(3,0)*
2. Адгезия покрытия к стали, кг/см, после 1000 ч. испытаний в воде при температурах: 20±5 °С 40±3 °С 60±3 °С	Без изменений Без изменений Без изменений	Без изменений Без изменений Без изменений	От 3,0 до 3,5 (5,0) * От 3,0 до 3,5 (5,0) * От 3,0 до 3,5 (5,0) *
3. Площадь катодного отслаивания, см ² , после испытаний при темпера- турах: 20±5 °С 40±3 °С 60±3 °С	0-0,5 0-1,5 0,5-3,0	0,5 1,0 3,0	Не более 5,0 (4,0) * Не более 10,0(8,0) * Не более 15,0 (10,0) *
4. Ударная прочность, при 20 °С	50-60	55	5,0 (6,0)* Дж/мм тол- щины покрытия
5. Стойкость к растрескиванию под напряжением наружного поли-тиле- нового слоя, час	Не менее 2000	1980	Не менее 1000
6. Прочность при растяжении поли- этиленового слоя, Мпа, при темпе- ратурах испытаний: 0±5 °С 0±3 °С	22-28 18-22	26 21	Не менее 12,0 Не менее 10,0

* "Норма по техническим требованиям" - в скобках - данные требования к покрытию труб 1220 мм и выше, без скобок - для остальных диаметров труб.

Таким образом, предлагаемый состав трехслойного покрытия, масс. %: наружный защитный полиэтиленовый слой: растительный наполнитель – гузапая – 32; минеральный наполнитель – волластонит – 7; сэвилен – 7; госсипол – 2; ПЭНП – 52; адгезионный промежуточный слой: ПЭНП – 75, сэвилен – 10, госсиполовая смола – 11, вермикулит вспученный – 4; внутренний слой – праймер, масс. %: ЭД-20 – 58, ПЭПА-12, госсиполовая смола – 20, волластонит – 10, показали, что оно обеспечивает показатели, соответствующие ГОСТ Р 51164, ГОСТ 31448-2012, ГОСТ 9.602, ГОСТ Р 52568, ТУ14-ЗР-103-2009, ТУ 1390-004-32256008, ТУ 1390-005-32256008.

При использовании разработанной системы изоляционных материалов, соблюдении технологических режимов очистки и наружной изоляции труб расчетный срок службы нового трехслойного покрытия при температурах эксплуатации до плюс 60 °С будет составлять не менее 56 лет, при этом достигнуто оптимальное соотношение между стоимостью и эффективными характеристиками созданных полимерных композиционных материалов за счет применения доступных и недорогих наполнителей, а также различных отходов местных производств, использование которых позволяет снизить не только себестоимость продукции, но и устранить их негативное влияние на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Эксплуатация магистральных нефтепроводов. http://www.kaztransoil.kz/ru/production_activities/ekspluatatsia_magistralnih_nefteprovodov/.
- [2] Обзор нефтегазовых трубопроводов Казахстана. <http://www.investkz.com/journals/28/387.html>.
- [3] Басарыгин Ю. М., Будников В. Ф., Булатов А.И. Коррозия оборудования и трубопроводов и способы защиты от нее: в 2-х т. Т. 1 / Под общ. ред. А. И. Булатова. - Краснодар: Просвещение-Юг. - 2002. - 394 с.

- [4] Противокоррозионная защита магистральных трубопроводов и промышленных объектов: Учебно-практическое пособие по вопросам теории и расчета. /Конев А.В., Маркова Л.М., Иванов В.А. и др. – Тюмень: ТюмГНГУ. - 2003. – 211 с.
- [5] Преимущества трехслойной полиэтиленовой изоляции труб. <http://ankort.ru/story3.php>.
- [6] Кербер М. Л., Полимерные композиционные материалы. Структура. Свойства. Технологии. – СПб.: Профессия, 2008. — 560 с.
- [7] Мэттьюз Ф., Ролингс Р. Композитные материалы. Механика и технология. – М.: Техносфера, 2004. – 408 с.
- [8] Харисов Р.А., Кантемиров И.Ф. Проведение экспертной оценки для защитных покрытий трубопроводов. Сетевое издание. Нефтегазовое дело, 2009. http://ogbus.ru/authors/Harisov/Harisov_4.pdf
- [9] Надиров К.С., Садыбаев Б.А., Бимбетова Г.Ж., Жантасов М.К. Оценка эффективности совмещения отдельных композитов в трехслойном покрытии для защиты нефтепроводов от коррозии. //Проблемы и инновации современного общества. Материалы 7-ой научно-практической конференции с международным участием. Астрахань, 2015 г.-С.349-353.
- [10] Надиров К.С. и др. Разработка состава адгезионного промежуточного слоя трехслойного покрытия для защиты нефтепроводов от коррозии. //Вестник КазНТУ, №2, 2015. – С.131-135.
- [11] ГОСТ Р51164-98 Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии. -М.: ИПК «Издательство стандартов», 1999. - 42 с.
- [12] Вэй Бэй. Прогнозирование долговечности изоляционных покрытий газонефтепроводов по параметрам катодной защиты. Дисс.-я. ... канд. техн наук, Уфа-2017.
- [13] Румшицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента: Справочное руководство / Л.З. Румшицкий -М.: Недра, 1971. -192 с.
- [14] Р Газпром 9.4-013-201.1 Контроль состояния и оценка эффективности защитных покрытий подземных газопроводов: - М.: ПАО «Газпром», 2012. - 15 с.
- [15] Chichinadze V.K. The solution of nonconvex nonlinear optimization problems. – М.: Nauka, 1983. – 256 p.
- [16] Ахмадиев Ф.Г., Гильфанов Р.М. Математическое моделирование и оптимизация «состав-свойство» многокомпонентных смесей //Известия КГАСУ, - 2012, № 2 (20). – С. 289-297.
- [17] Цвайфель Х., Маер Р.Д., Шиллер М. Добавки к полимерам. Справочник – СПб: ЦОП «Профессия», 2010. – 1144 с.
- [18] Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. – СПб: Научные основы и технологии, 2008. – 822 с.
- [19] Принципы создания композиционных полимерных материалов / Ал.Ал. Берлин и др. – М.: Химия, 1990. – 240 с.

Надиров К.С., Есентаева А.А., Садырбаева А.С., Нифонтов Ю.А., Надиров Р.К.

Мұнай құбырларын коррозиядан қорғау үшін үш қабатты қаптама құрамын оптимизациялау

Түйіндемесі. Мақалада жеке қабаттардың құрамын оптимизациялау жолымен және әзірленген композиттердің бірегей қаптамада пайдалану тиімділігін арттыру арқылы коррозияға қарсы көп қабатты қаптамалардың сапасын арттыруға арналған әдістер келтірілген, сонымен қатар мұнайгаз құбырларын коррозиядан қорғауға арналған көп қабатты коррозияға қарсы қаптамалардың бірін өнеркәсіптік сынау нәтижелері келтірілген.

Негізгі сөздер: коррозияға қарсы қаптама, мұнай құбырлары, госсипол, госсипол шайыры, композиттер.

Nadirov K.S., Esentaeva A.A., Sadyrbaeva A.S., Nifontov Y.A., Nadirov R.K.

Optimization of the composition of three-layer coatings for protection of pipelines from corrosion

Summary. The article presents methods for improving the quality of corrosion-resistant multilayer coatings by optimizing the composition of individual layers and increasing the efficiency of joint operation of the developed composites in a single coating, as well results of industrial testing of one of the corrosion-resistant multilayer coatings to protect oil and gas pipelines from corrosion.

Key words: corrosion-resistant coating, oil, gossypol, goccipolava resin, composites.

UDC 539.2

K. Askaruly, N. K. Manabayev

(Satbayev University, Almaty, Kazakhstan)

E-mail: k.askaruly@gmail.com)

WIDE-BANDGAP SEMICONDUCTOR OF NITRIDE ALUMINUM AND ITS MAIN CHARACTERISTICS

Abstract. Aluminum nitride is a wide-band semiconductor material with $E_g \sim 5-6$ eV. High thermal stability, good thermal conductivity, low coefficient of thermal expansion, strong corrosion resistance, good dielectric properties and other characteristics make aluminum nitride as impact-resistant material, crucibles and conductive materials widely used in various fields. In the article are considered methods of obtaining aluminum nitride and its properties.

Key words: aluminum nitride, coatings, semiconductor, dielectric, nanowires.

Қ. Асқарұлы, Н. К. Манабаев

ШИРОКОЗОННЫЙ ПОЛУПРОВОДНИК НИТРИД АЛЮМИНИЯ И ЕГО ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Аннотация. Нитрид алюминия представляет собой широкозонный полупроводниковый материал с $E_g \sim 5-6$ эВ. Высокая температурная стабильность, хорошая теплопроводность, малый коэффициент теплового расширения, сильная коррозионная стойкость, хорошие диэлектрические свойства и другие характеристики делают нитрид алюминия как ударопрочный материал, тиглей и проводящих материалов широко применяемых в различных областях. В статье рассматриваются способы получения нитрида алюминия и его свойства.

Ключевые слова: нитрид алюминия, покрытия, полупроводник, диэлектрик, нанопроволоки.

Нитрид Алюминия (AlN) является материалом с шириной запрещенной зоны более 5 эВ [1] и представляет собой керамический материал [2], имеющий гексагональную кристаллическую структуру, известную как вюрцит, который в последние годы интенсивно изучается благодаря хорошей теплопроводности (теоретическое значение 319 Вт/мК) [3], низким диэлектрическим потерям ($8,8 \text{ tg}\delta$), малым диэлектрическим свойствам ($\sim 4 \times 10^4$) и коэффициенту теплового расширения, которые делают AlN наиболее интересным материалом подложки для высоко интегрированных микроэлектронных единиц [4]. На него не действуют расплавленный алюминий (до 2000°C), галлий (до 1300°C), борный ангидрид (до 1400°C). AlN устойчив в смеси расплавленного криолита и алюминия в течение 65 часов при 1200°C [5].

В структуре нитрида алюминия каждый атом алюминия окружен четырьмя атомами азота, расположенными в вершинах правильного тетраэдра. Образование ковалентной связи [6] в этом соединении возможно по следующему механизму: Один из электронов атома азота переходит к атому алюминия с образованием электронных конфигураций $\text{Al}^+ 3s^2 3p^2$ и $\text{N}^- 2s^2 2p^2$. Однако с учетом тетраэдрической координации атомов можно полагать, что конфигурации части атомов алюминия и азота имеют вид $ns^1 pr^3$. Это связано с $s \rightarrow p$ переходами $3s^2 3p^2 \rightarrow 3s^1 3p^3$ и $2s^2 2p^2 \rightarrow 2s^1 2p^3$. Вместе с этим в нитриде алюминия проявляется и ионная химическая связь [7]. Её возникновение связано с переходом электронов от части атомов алюминия к атомам азота с образованием конфигураций $3s^0 3p^0$ для алюминия и $2s^2 2p^6$ для азота.

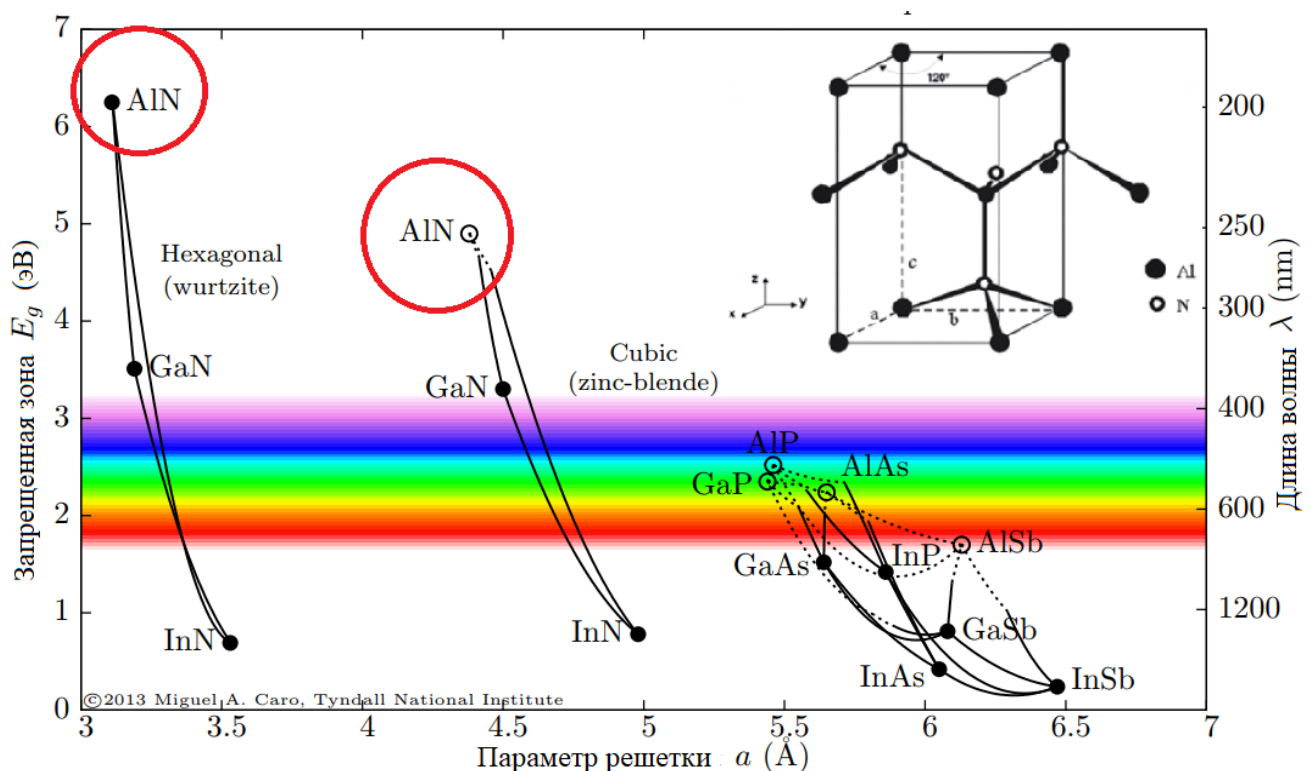


Рис.1. Зонная диаграмма и кристаллическая структура AlN [8, 9]

Основные применения нитрида алюминия:

- В покрытиях, пластмассах и проволоке для улучшения теплопроводности пластика;
- Для изготовления интегральной платы, оптических приборов, радиаторов, электронных устройств и высокотемпературных тиглей;
- Изготовление композитов из металлических матриц и полимерных матриц, особенно в термоплавких клеях и электронных упаковочных материалах;
- В высокотемпературной проводящей керамике и композитной керамике, такой как испарительные тигли и радиаторы;
- Электроизоляционные упаковки для электроники;
- Тигли для металлов и солей;
- В аэрокосмической промышленности для улучшения термомеханических свойств;
- Теплопроводящий наполнитель для полимеров;
- Компоненты для обработки пластин;
- Для повышения эффективности эпоксидной смолы;
- В качестве теплопроводящего материала;

Таблица 1. Способы получения нитрида алюминия [10]

Способы	T, °C	Исходные реагенты	Доп. требования	Форма и крупность частиц	Чистота AlN
Восстановление Al_2O_3 в контакте с N_2 или азотсодержащим веществом	1400- 1900	Al_2O_3 ; C/CH_4 / C_3H_8 ; N_2 / NH_3	Необходимость удаления углерода	Сферические, нитевидные частицы; от 50 нм до 10 мкм	98,0-99,1% O_2 : 0,97-1,61%; C: 0,05- 0,18%
Взаимодействие Al в жидкой, или в газовой фазе в виде паров, с газообразными N_2 или азотсодержащими соединениями	1400- 1550	$\text{Al}_{(\text{ж})}(\text{r})$; N_2 / NH_3	Магнитный импульс; лазерное излучение	Сферические 0,5-10 мкм, игольчатые: l=2-15 мкм, h=0,4-1 мкм	99,3 %; O_2 : 0,5- 1,2%
Взаимодействие в газовой фазе легколетучих неорганических соединений Al с N_2 или азотсодержащими газами	700 - 1250	Al, AlCl_3 , AlF_3 , AlI_3 , Al_2Se_3 ; NH_3 / N_2	Повышенное давление; условия работы с исходными реагентами	Сферические, нитевидные, игольчатые частицы 0,05 - 1 мкм	До 99,9
Взаимодействие неорганических соединений Al с азотсодержащими органическими соединениями	800 - 1500	AlCl_3 H_2 NCH_2 CH_2 NH_2	Измельчение, выпаривание растворов, сушка, вакуум	Сферические частицы, 0,06 - 1 мкм	99,1 - 99,2 C: 0,8 – 0,9%
Взаимодействие органических соединений, содержащих Al, с азотсодержащими органическими соединениями или N_2	1100- 2000	$\text{Al}(\text{OH}) (\text{C}_n + 2\text{H}_{2n}\text{O}_4) \cdot x\text{H}_2\text{O}$, где n = 3, 6, 8 $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ (99 %); $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (99 %); $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$;	Выпаривание растворов, удаление углерода из продуктов взаимодействия	Сферические, игольчатые частицы 0,5 - 10 мкм	99,0 – 99,8 O_2 : 1,0 C: 0,1%
Комбинированные методы получения AlN	1000 - 1700	Al/ Al_2O_3 ; HCl/Cl_2 ; 3C ; N_2	Одновременное получение AlN по нескольким механизмам	Сферические, нитевидные частицы	99,0- 99,5%

Связывающие состояния покрытий AlN обычно исследуются с помощью детального XPS анализа.

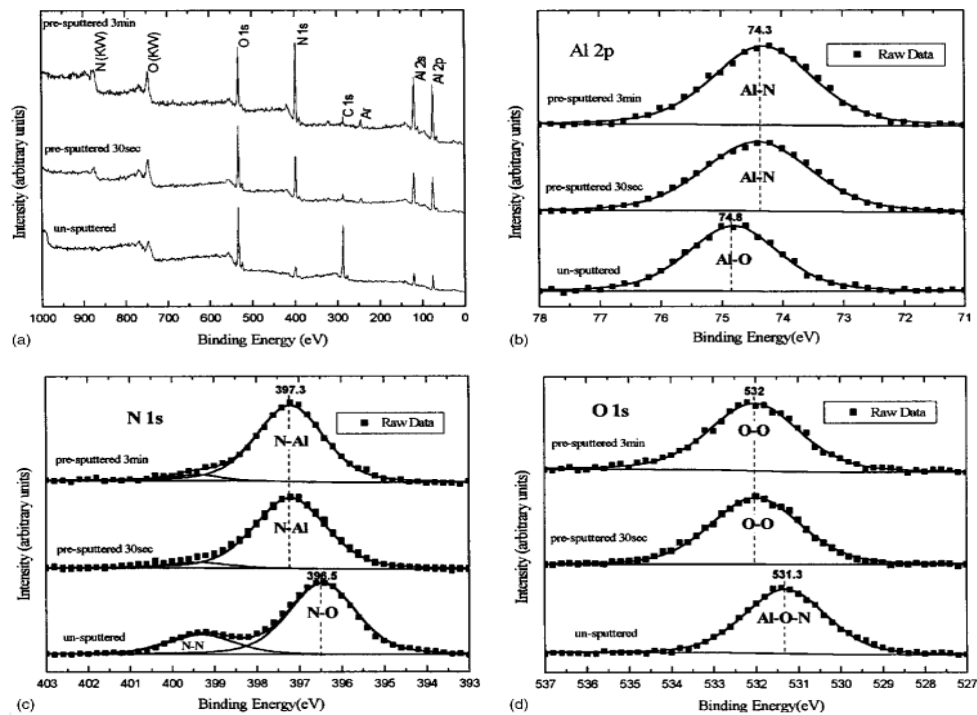


Рис. 2. (a) XPS Спектры, (b) Al 2p, (c) N 1s и (d) O 1s для покрытия AlN [11, 12].

На рисунке 2 (b) показаны спектры фотоэлектронов Al 2p, в которых для напыленных образцов была определена энергия связи 74,3 эВ, соответствующая состоянию связывания Al-N внутри покрытия. Дополнительная информация о химическом связывании в покрытиях обеспечивается спектрами N1s, показанных на рисунке 2 с. В спектрах N1s энергия связи при 397,3 эВ для распыленных образцов, которая может быть отнесена к связи Al-N, ниже чем у NN-связи в газе N₂ при 399,5 эВ [13, 14]. На рисунке 2 d показаны спектры O1s покрытий AlN. Энергия связи 532эВ для напыленного образца согласуется с сообщенными значениями O-O в покрытиях, подразумевая, что кислород только физически адсорбируется или захватывается внутри покрытия.

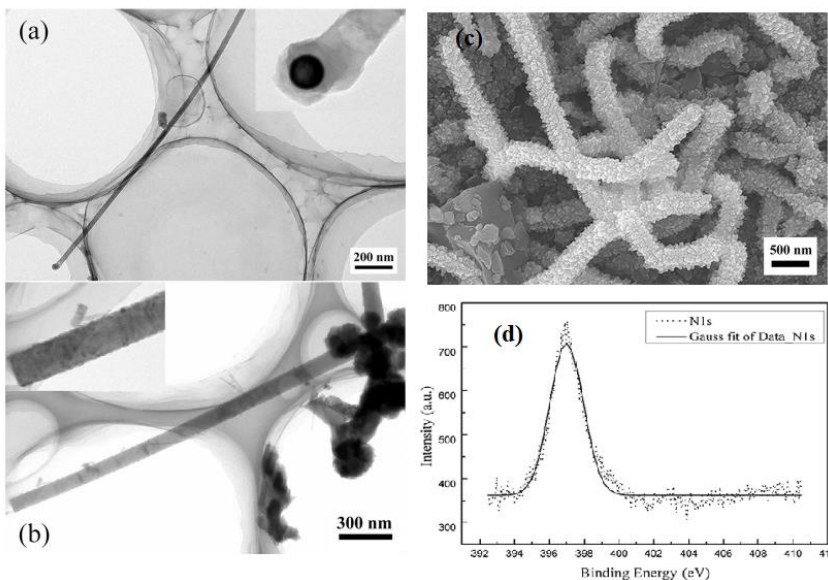


Рис. 3. (a, b, c) SEM-изображения наноструктур AlN, выращенных при 950 ° C в течение 30 мин, (d) энергия связи N1s [15].

На рисунке 3 видно что энергия связи N1s в подготовленных нанопроволках составляет около 397,0 эВ, что согласуется со значением AlN.

Исходя из результатов анализа, можно сделать вывод, что покрытия AlN в основном состоят из фазы AlN, на которой образуется тонкий поверхностный слой AlON при воздействии покрытий на атмосферу после осаждения.

В работе [15] нанопроволоки AlN были синтезированы методом CVD посредством реакции направления Al и аммиака с Ni в качестве катализатора. При разной температуре роста от 1000 до 875 C, были получены различные морфологии наноструктур AlN.

В работе [16] показано что при получении AlN в разных температурах изменяется показатель преломления n . Чем выше температура соответственно толщина уменьшается, но увеличивается n .

Нитрид алюминия в различных областях обладает отличными свойствами, но полномасштабное применение попрежнему является предметом изучения. На то есть свои причины.

1) При приготовлении высокочистого алюминия из-за ограничений производственного процесса трудно синтезировать быстрый рост AlN, требует высокоточность и недорогой порошок AlN для крупномасштабного производства. Синтез высококачественного нитрида алюминия станет тенденцией будущего направления развития технологий.

2) Окисление нитрида алюминия. Воздействие воздуха увеличивает содержание кислорода в нитриде алюминия, это необходимо при производстве порошка нитрида алюминия, а затем его модификации поверхности.

На данный момент перед исследователями стоит задача совершенствовать технологию обработки нитрида алюминия и расширять уровень его применения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] I.A. Aleksandrov, A.K. Gutakovskii, K.S. Zhuravlev, Influence of shape of GaN/AlN quantum dots on luminescence decay law, *Phys. Status Solidi A*, 2012, 209, No. 4, 653-656.
- [2] Xinru Fu. Aluminum Nitride Wide Band-gap Semiconductor and Its Basic Characteristics // 6th International Conference on Electronic, Mechanical, Information and Management (EMIM 2016). 555-558p.
- [3] Glen A. Slack R. A. Tanzilli R. O. Pohl J. W. Vandersande. The intrinsic thermal conductivity of AlN. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. Volume 48, Issue 7, 1987, Pages 641-647
- [4] Ramón Collazo¹ and Nikolaus Dietz². The Group III-Nitride Material Class: from Preparation to Perspectives in Photoelectrocatalysis. Preprint of book chapter 8 of "Photoelectrochemical Water Splitting: Issues and Perspectives," ed. H.-J. Lewerenz and L.M. Peter, RSC Publishing, pp. 193-222 (2013). <http://dx.doi.org/10.1039/9781849737739-00193>
- [5] Long G., Foster L.M. Aluminium nitride containers for the synthesis of GaAs. - *J.Electrochem. Soc.*, 1962, vol. 109, № 12, p. 1176-1180. 29.
- [6] Некрасов Б.В. Основы общей химии. - Т.1.2. - М.: Химия, 1973. - pp. 63, 382.
- [7] Нитриды: Методические указания для студентов механических специальностей / Сост.: А.Е.Иванцов, Г.А.Рожкова; Казан. гос. технол. ун-т. Казань, 2006. – 20 с.
- [8] D T Dul¹ and P Korecki. Wavelet analysis of white beam x-ray fluorescence holograms: determination of lattice sites and imaging of local atomic structure. *New Journal of Physics*, Volume 14, November 2012.
- [9] Franco Junior, A. and Shanafield, D. J. Thermal conductivity of polycrystalline aluminum nitride (AlN) ceramics. *Cerâmica* [online]. 2004, vol.50, n.315, pp.247-253. ISSN 0366-6913. <http://dx.doi.org/10.1590/S0366-69132004000300012>.
- [10] Патентный поиск, Поиск патентов и изобретений РФ и СССР <http://www.findpatent.ru/patent/242/2421395.html>
- [11] J.Yang, C.Wang, X.Yan, K.Tao, B.Liu and Y.Fan. Polycrystalline AlN films of fine crystallinity prepared by ion-beam assisted deposition. *App. Phys. Lett.* 62 (1993)31.
- [12] P. W. Wang, S. Sui, W. Wang and W. Durrer, *Thin solid films* 295 (1997) 142.
- [13] M. Arbab and J. J. Finley, *J. Vac. Sci. Technol. A*, 12 (1994) 1528.
- [14] D. Manova, V. Dimitrova, D. Karpuzov and R. Yankov, *Vacuum* 52 (1999) 301
- [15] Renjie Jiang^a and Xianquan Meng^{a,b}. Synthesis of aluminum nitride nanostructures via chemical vapor deposition method with nickel as catalyst. *Revista Mexicana de Física* 64 (2018) 67–71
- [16] Reynaldo Martínez Guerrero and J. Roberto Vargas García. Growth of AlN Films by Chemical Vapor Deposition. *Superficies y Vacío* 9, 82-84, Diciembre 1999

Аскарұлы Қ., Манабаев Н. К.

Алюминий нитридінің кең аймақты жартылай өткізгіші мен оның негізгі сипаттамалары

Түйіндемесі. Алюминий нитриді дегеніміз $E_g \sim 5-6$ эВ кең аймақты жартылай өткізгіш материал болып табылады. Жоғары температураға тұрақты, жылуды жақсы өткізеді, жылу кеңеюінің кіші коэффициенті, коррозияға төтеп беруі, диэлектрлік қасиеттерінің басымдығы және басқа сипаттамалары алюминий нитридінің соққыға мығым, тигель және өткізгіш материал ретінде түрлі салаларда пайдаланылуға мүмкіндік береді. Бұл мақалада алюминий нитридінің алу тәсілдері және оның қасиеттері қарастырылады.

Кілттік сөздер: алюминий нитриді, жабын, жартылай өткізгіш, диэлектрик, нано сымдар.

Askaruly K., Manabayev N. K.

Wide-bandgap semiconductor of nitride aluminum and its main characteristics

Summary. Aluminum nitride is a wide-band semiconductor material with $E_g \sim 5-6$ eV. High thermal stability, good thermal conductivity, low coefficient of thermal expansion, strong corrosion resistance, good dielectric properties and other characteristics make aluminum nitride as impact-resistant material, crucibles and conductive materials widely used in various fields. In the article are considered methods of obtaining aluminum nitride and its properties.

Key words: aluminum nitride, coatings, semiconductor, dielectric, nanowires.

A.A. Blix, M.M. Abdibattayeva

EVALUATION OF PRODUCTION RISKS AT MINING ENTERPRISES (by the example of Sayak mine)

Abstract: The article presents an analysis of production risks in mining enterprises, which today is one of the topical issues. The results of the analysis of the dynamics of production traumatism using a statistical map are also shown. The article states that the risk calculated by the retrospective method does not exceed the average statistical risk, therefore it may be proposed to introduce a modern labor safety management system to further improve working conditions.

Keywords: mining enterprises, production risk, risk assessment, probability, retrospective method

А.А. Бликс, М.М. Абдибаттаева

(әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Республика Қазақстан,
e-mail: aigerim.bliks@list.ru)

ТАУ-КЕН ӨНЕРКӘСІБІНДЕ ӨНДІРІСТІК ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАҒАЛАУ (Саяқ кеніші мысалында)

Аңдатпа: Мақалада бүгінгі таңда өзекті мәселелердің бірі болып табылатын тау-кен өнеркәсібіндегі өндірістік тәуекелдерді талдау қарастырылған. Сондай-ақ статистикалық бақылау картасының көмегімен кәсіптік жарақаттану динамикасын талдау нәтижелері көрсетілген. Мақалада ретроспективті әдіспен есептелген тәуекел орташа статистикалық тәуекелден аспайтындықтан, кәсіпорында еңбек жағдайларын одан әрі жақсарту үшін еңбекті қорғаудың заманауи басқару жүйесін енгізуді ұсынуға болатындығы айтылған.

Кілт сөздер: тау-кен өнеркәсібі, өндірістік тәуекел, тәуекелді бағалау, ықтималдық, ретроспективті әдіс.

Кіріспе. Тау-кен кәсіпорындарында өнеркәсіптік қауіпсіздік жағдайы көптеген факторларға байланысты, олардың кері үйлесуі апатқа немесе төтенше жағдайға әкелуі мүмкін. Өндірістік тәуекелдерді төмендету туралы шешім қабылдаған кезде, тәуекелді тудыратын барлық факторлардың әсерін ескеру қажет, сондай-ақ барлық ықтимал салдарды (апат жағдайында «домино әсерін» қоса алғанда) қарастыру қажет. Өндірістік тәуекелдер техникалық, технологиялық, ұйымдастырушылық, экономикалық факторларға байланысты [1,3]. Өндірістік тәуекелдерді басқару, қауіпті сәйкестендіру, тәуекелді бағалау (тәуекелдерді бағалау әдістерін таңдау қалыптасқан ақпараттық-аналитикалық базаға байланысты), тәуекелдерді төмендету жөніндегі шараларды әзірлеу бойынша жұмысты жоспарлауға негізделген. Өндірістік тәуекелдерді бағалау және болжау, жаңа жұмыс орындарын құрғанда немесе жұмыс істейтін қызметкерлердің қауіпсіздігі мен денсаулығына тікелей әсер ететін технологиялық үдерістер өзгерген кезде, жаңа жабдықтарды пайдалану кезінде жаңа жабдықтарды енгізу кезінде жаңа қауіпті өндірістік факторлар пайда болған кезде өзгерістер енгізу керек. Тәуекелдерді сәйкестендіру жобалық құжаттама, өнеркәсіптік қауіпсіздік декларациясы, апаттарды жою жоспарлары, барлық қол жетімді ақпарат көздерін талдау негізінде сараптамалық негізде жүргізіледі. Ақпарат көздері еңбек жағдайларын, қызметкерлерді медициналық тексеруден өткізудің нәтижелерін және кәсіби ауруды бағалауды, жазатайым оқиғалардың, апаттар мен олардың себебін тергеудің нәтижелерін, үш сатылы бақылау туралы мәліметтердің нәтижесі болып табылады. Техникалық, технологиялық және экономикалық ақпараттарды, сыртқы және ішкі аудиттің нәтижелерін, жұмыскерлердің денсаулығы мен қауіпсіздігі бойынша оқыту барысында алынған ақпаратты ескеру қажет. Міне, өндірістік тәуекелдерді басқарудың кейбір әдістері: аудит, технологиялық (технологиялық жүйелерді жетілдіру немесе қайта құру), ақпараттық (оқыту, кәсіби қайта даярлау), қауіпті технологиялық үдерістерді жою, стандарттау (лауазымдық нұсқаулықтарды қайта қарау), бақылау (еңбек қауіпсіздігін басқарудың автоматтандырылған жүйесі), ынталандырушы және т.б. бар. Әр нақты жағдай үшін тиісті әдістер таңдалып, қолданылуда. Басқару әдістерін енгізуді басымдыққа алсақ, жоспарланған іс-шараларды іске асыруға байланысты тәуекелдерді төмендету әлеуетіне назар аудару қажет.

Өндірістік тәуекелдерді анықтау, бағалау және басқару, қызметкерлердің денсаулығы мен жұмыс орындарының қауіпсіздігін қамтамасыз ету, ғимараттар мен жабдықтарды пайдаланудың қауіпсіз әдістерін анықтау үшін «Қазакмыс Корпорациясы» ЖШС Саяқ кенішінде тәуекелдерді басқару жүйесі құрылды.

Өндірістік тәуекелдерді бағалау үшін, Саяқ кенішіндегі тәуекелдер ықтималдылығын бағалау шкаласы жасалды. Кәсіптік қауіп-қатердің әсерін бағалау үшін тәуекелдерді бағалау шкаласы жеңіл

жарақаттан зардаптардың көптеген құрбандарының немесе өлімге әкелетін залалдың пайда болу оқиғаларына дейінгі дәрежесін бағалауды қарастырады. Осы талдау негізінде өндірістік тәуекелдерді басқару бойынша шаралар әзірленді.

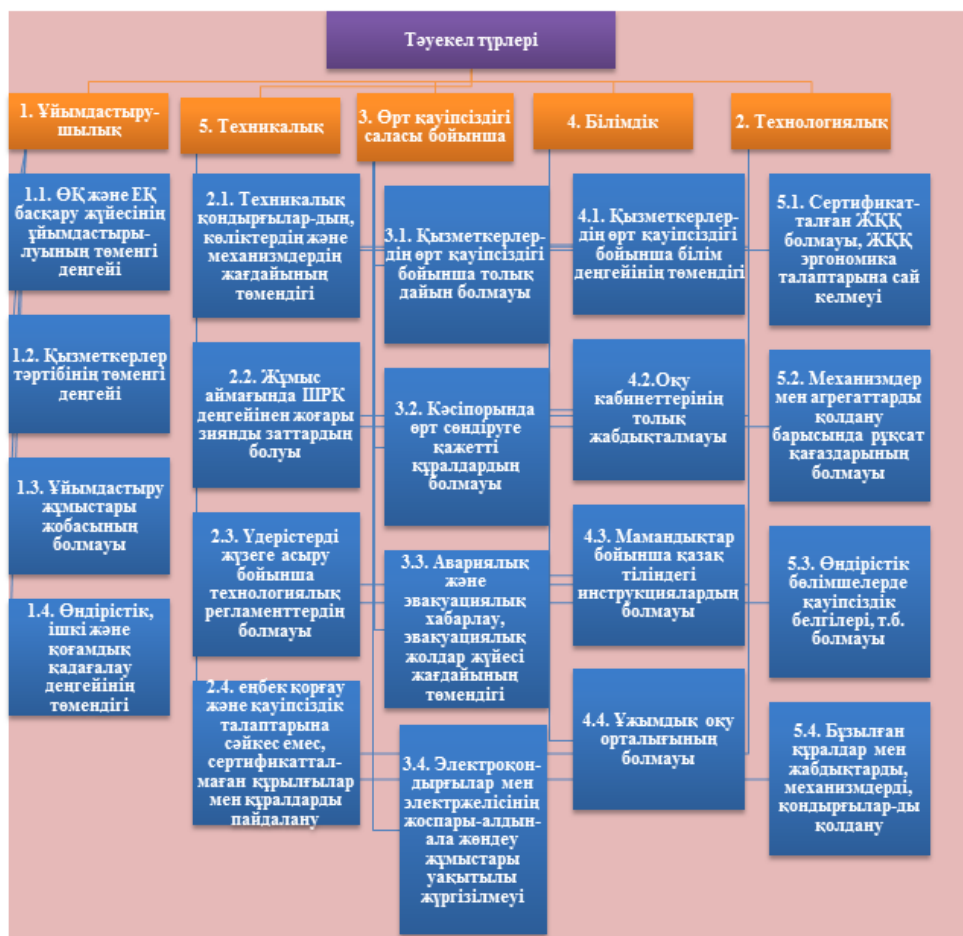
Осылайша, талданатын кәсіпорында тәуекелдерді басқару жүйесінің негізін құрайтыны туралы қорытынды жасауға болады, алайда қолданыстағы жүйе тек қана шоғырландырылған және өндірістік тәуекелдерді басқаруға бағытталған, өрт қауіпсіздігі және еңбек қорғау талаптарына сәйкес келетін шараларға дейін азаяды. Сонымен қатар, тәуекелдерді басқару үдерісі әртүрлі бөлімдер арасында бөлінеді, олардың арасында байланыстар жоқ. Олардың арасындағы тұрақты және орнықты байланыстар жоқ, экономикалық, технологиялық, саяси, құқықтық тәуекелдерді басқаруды анықтауға, бағалауға және дамытуға арналған шараларды жалпы басқару және үйлестіру жоқ және олар геологиялық кәсіпорынның қызметі барысында орын алуы мүмкін. Сондықтан, Саяқ кенішінде тәуекелдерді басқарудың ең тиімді әдістерін анықтау, бағалау, мониторинг, бақылау және шешімдерді табысты игеру, бар жүйелерді жетілдіруді талап етеді [4]. Осыған байланысты кәсіптік тәуекелдерді бағалауға ретроспективті әдісті қолдану қарастырылды.

Зерттеу әдістері

Мақалада зерттеу жұмыстарына тәуекелдерді ретроспективті бағалау әдістері қолданылды. Зерттеу мәліметтері ретінде Саяқ кенішінің мәліметтері алынды. Қосымша есептеулерге қажет әдістемелік мәліметтер қарастырылды.

Зерттеу нәтижелері мен талдауы. Тәуекелдерді басқару жүйесін жетілдіру бойынша жобаны әзірлеу кезінде «Қазақмыс Корпорациясы» ЖШС-дегі Саяқ кенішінде келесі маңызды кезеңдер анықталды: құрылымдық бөлімшелер мен лауазымды тұлғалар арасында тәуекелдерді сәйкестендіру, тәуекелдерді талдау және бағалау, тәуекелдерді азайту бойынша шараларды жоспарлау, тәуекелдерді басқару жөніндегі бөлімшені құру, тәуекелдерді басқару жүйесіндегі өкілеттіктерді бөлу.

Бірінші кезеңде тәуекелдер анықталды, тәуекелдер дарағы ретінде ұсынылған 5 бағыт бойынша топтастырылды (сурет 1).



Сурет 1. Саяқ кенішінің тәуекелдер дарағы

Өнеркәсіптік өндіріс дамып, жаңа, барынша күрделі және интеллектуалды қаныққан технологиялар пайда болғандықтан қауіпсіз еңбек жағдайына қойылатын талаптар артады [5,7,11]. Өкінішке орай, қазіргі кезде кәсіптік жарақаттар мен кәсіби аурулардың деңгейі өте жоғары, бұл көбінесе «адам факторы» деп аталатын фактордың әсерінен болады. Сонымен қатар, технологиялық үдерістерді жетілдіру еңбек қауіпсіздігі мен зиянсыздығын қамтамасыз етуде маңызды бағыт болып табылады [6,9].

Жұмыс ортасының қолайсыз факторларын, сондай-ақ еңбек жағдайларының зиянды және қауіпті факторлар әсерінен қызметкерлердің денсаулығына зиян келтіру қаупінің дәрежесі мен олардың ауырлық дәрежесін ескере отырып, еңбек ауыртпалықтарын сандық бағалау кәсіби тәуекелдерді бағалау нәтижесі болып табылады, бұл сандық бағалау өндірістік ортаны сапалы бағалауға және тиімді басқаруға мүмкіндік беретін әмбебап құрал болып табылатындығына байланысты [8,10,14].

Кәсіби тәуекел - еңбек жағдайлары мен еңбек үдерісінің өзара байланысты факторларының күрделі кешенінің нәтижесі. Еңбек қаупін басқару еңбек жағдайлары мен еңбек қауіпсіздігі, қызметкерлердің денсаулығы мен еңбек гигиенасын басқару механизмдері мен институттарын дамытуды және пайдалануды қамтиды. Басқарудың негізгі міндеті - кәсіби жарақаттар мен кәсіби аурулардың себептерін болдырмау және жою [15.16].

Ретроспективті кәсіптік тәуекелдерді есептеу әдістемесі кәсіпорын қызметкерлерінің өндірістік жарақаттану және кәсіби ауруға шалдығуы туралы статистикалық мәліметтерге негізделеді (кесте 1).

Кесте 1. Кәсіпорында өндірістік жарақаттану бойынша статистикалық мәліметтерді рәсімдеу

Бөлімше атауы	Қарастырылып отырған кезеңдегі қызметкерлердің орташа саны, N	Өткен кезең ішіндегі жазатайым оқиғалар саны, $ЖО$	Өткен кезең ішіндегі өлімге әкелген жазатайым оқиғалар саны, $ЖО_ө$	Барлық жазатайым оқиғалар салдарынан болған уақытша еңбекке жарамсыздық күндерінің жалпы саны, $\sum D$
Саяқ-1	36	1	0	15
Саяқ-3	39	1	0	65
Барлығы	75	2	0	80

Өндірістік жарақаттану бойынша статистикалық мәліметтер негізінде жазатайым оқиғалардың ауырлығын және жиілігін, сондай-ақ кәсіби ауруға шалдығу деңгейін көрсететін статистикалық көрсеткіштер есептеледі. Бұл статистикалық көрсеткіштерге мыналар жатады:

- Жазатайым оқиғалардың жиілік коэффициенті K_f

$$K_f = \frac{ЖО}{N} \times 1000 \quad (1)$$

- Жазатайым оқиғалардың ауырлық коэффициенті K_a

$$K_a = \frac{\sum D}{ЖО} \quad (2)$$

- Адамның еңбек қабілетін жоғалту коэффициенті $K_{ж}$

$$K_{ж} = K_f \times K_a = \frac{\sum D}{N} \times 1000 \quad (3)$$

- Өлімге әкелген жазатайым оқиғалардың жиілік коэффициенті $K_ө$

$$K_ө = \frac{ЖО_ө}{N} \times 1000 \quad (4)$$

- Жалпылама еңбек қабілетін жоғалту коэффициенті $K_{жа}$

$$K_{жа} = K_f \times K_a + K_ө \times 6000 \quad (5)$$

мұнда, $ЖО$ – талданып отырған кезеңдегі апаттар саны (әдетте бір күнтізбелік жыл);

N – қарастырылып отырған кезеңдегі қызметкерлердің орташа саны;

$\sum D$ – барлық жазатайым оқиғалар салдарынан болған уақытша еңбекке жарамсыздық күндерінің жалпы саны;

$ЖО_ө$ – өлімге әкелген жазатайым оқиғалар саны;

6000 - өлімге әкелген бір жазатайым оқиғаға сәйкес шартты еңбекті жоғалту күн бойынша.

Кәсіпорындағы жазатайым оқиғалардың ауырлығы мен жиілігі көрсеткіштері негізінде қауіпсіз жұмыс ықтималдығы $P(0)$ және жарақаттану қаупі R есептеледі.

Жазатайым оқиғалардың i -ші саны бойынша ықтималдық мына формула бойынша табылады:

$$P_n = \frac{\left(\frac{K_f}{1000} N t \beta\right)^n}{n} - \exp\left(-\frac{K_f}{1000} N t \beta\right) \quad (6)$$

мұнда, P_n – жазатайым оқиғалардың i -ші саны бойынша ықтималдығы $i=1,2,\dots$;

N – қарастырылып отырған кезеңдегі қызметкерлердің орташа саны;

t – жұмыс ұзақтығы, жыл;

β – арттыру коэффициенті (жазатайым оқиғалар туралы мәліметтерді төмен деп санауға негіз болған жағдайда қолданылады), $1 < \beta < 5$;

K_f – жазатайым оқиғалардың жиілік коэффициенті.

Саяқ-1 кеніші:

$$P_n = \frac{\left(\frac{27,78}{1000} * 36 * 1 * 1\right)^1}{1} - \exp\left(-\frac{27,78}{1000} * 36 * 1 * 1\right) = 0,6322$$

Саяқ-3 кеніші:

$$P_n = \frac{\left(\frac{25,64}{1000} * 39 * 1 * 1\right)^1}{1} - \exp\left(-\frac{25,64}{1000} * 39 * 1 * 1\right) = 0,6321$$

Егер N, t, β көрсеткіштерін 1ге тең деп алатын болсақ, (7) формуланы пайдаланып бір қызметкерге арналған бір жыл ішіндегі қауіпсіз жұмыс ықтималдығын $P(0)$ есептеуге болады:

$$P(0) = \exp\left(-\frac{K_f}{1000} N t \beta\right) \quad (7)$$

Бір жылға немесе барлық еңбек өтілі кезеңіндегі қауіпсіз жұмыс ықтималдығын $P(0)$ есептей отырып, жарақаттану қаупін анықтауға болады:

$$R = 1 - P(0) \quad (8)$$

Есептеулер нәтижелері 3 кестеге сәйкес толтырылады және нақты белгісі бойынша топтастырылады (жалпы өндіріс бойынша, жеке цех бойынша, мамандықтар бойынша және т.б.).

Кесте 3. Кәсіпорындағы өндірістік жарақаттану көрсеткіштері бойынша жиынтық кесте

Өндірістік жарақаттану көрсеткіштері								
Жиілік коэффициенті K_f	Ауырлық коэффициенті K_a	Адамның еңбек қабілетін жоғалту коэффициенті $K_{ж}$	Өлімге әкелген жазатайым оқиғалардың жиілік коэффициенті $K_ө$	Жалпылама еңбек қабілетін жоғалту коэффициенті $K_{жа}$	Қауіпсіз жұмыс коэффициенті		Жарақаттану қаупі	
					1 жыл ішіндегі	Еңбек өтілі кезіндегі (25 жыл)	1 жыл ішіндегі	Еңбек өтілі кезіндегі (25 жыл)
27,78	5,33	148,067	0	148,067	0,9726	0,6945	0,0274	0,3055
25,64	1,23	31,54	0	31,54	0,9747	0,5268	0,0253	0,4732
26,67	1	26,67	0	26,67	0,9737	0,5134	0,0263	0,4866

Жүргізілген есептеулер бойынша 4-кестеге бақылау картасын құруға арналған жазатайым оқиғалар жиілігінің коэффициенттерін саламыз. Бақылау кезеңі – 3 жыл.

Кесте 4. Статистикалық бақылау картасын құруға арналған мәліметтер

Жылдар	2015	2016	2017
K_{fi}	26,67	13,33	0

Есептеу нәтижесі бір жыл ішінде бір адам үшін қауіпсіз жұмыстың ықтималдылығы $P(0)$ өндірісте жарақат алу қатері өскенін көрсетеді. Әйгілі Дюпан пирамидасына сәйкес жұмысшылардың әрбір 10000 қате әрекетіне өндірісте 10 жарақаттан келеді. Сәйкесінше, өндірістегі жарақат алудың қатері орташа статистикасы $R_{Tp} = 10^{-3}$ құрайды.

Есептелген қауіп-қатер орташа статистикалық қатерден 2 есе артық болғандықтан, кәсіпорынға еңбек қорғау басқармасының заманауи жүйесін енгізу қажет.

Өндірістік жарақат алудың сандық көрсеткішінің динамикалық талдауы үшін статистикалық бақылау карта әдісін қолдана алады. Карта жыл бойынша K_f жазатайым оқиғалар жиілігінің коэффициентін көрсететін графикті білдіреді. Сол сияқты графикте $K_{ж}$ жазатайым оқиғалар жиілігінің орташа коэффициентін және K_f өзгерісінің төмендегі формуламен есептелетін жоғарғы және төменгі шегін көрсетеді.

$$\overline{K_f} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{f_i}}{n} \quad (10)$$

$$\overline{K_f} = \frac{40}{3} = 13,33$$

мұнда $\overline{K_f}$ - оқыс оқиғалар жиілігінің орташа мәні, K_{f_i} - i жылдағы талдау периодының жиілік коэффициенті; n - талдау n периодындағы жыл саны;

$$K_f^T = \overline{K_f} + t \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (11)$$

$$K_f^T = \overline{K_f} + t \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (12)$$

$$K_f^{\text{ж}} = 13,33 + 1,18 * \frac{18,85}{\sqrt{3}} = 26,17$$

$$K_f^T = 13,33 + 1,18 * \frac{18,85}{\sqrt{3}} = 0,49$$

мұнда K_f^T - K_f өзгерісінің төменгі шегі; t - Стюдент үлестірім параметрі; $k = n - 1$ дәреже еркіндігі санына байланысты анықталатын кестелік шама және β сенімділік ықтималдылығы; S - төмендегі формуламен есептелетін орташа квадраттық ауытқуы:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n K_{f_i}^2 - (\sum_{i=1}^n K_{f_i})^2 / n}{n}} \quad (13)$$

K_{f_i} - i жылдағы талдау периодының жиілік коэффициенті; n - талдау периодындағы жыл саны.

$$S = \sqrt{\frac{40^2 - 40^2 / 3}{3}} = 18,85$$

Стюденттің бөлу параметрін арнайы кестеден $k=n-1$ және арттыру коэффициенттері арқылы анықтаймыз.

$$k = 3 - 1 = 2$$

$$\beta = 0,8 \text{ (80\%)}$$

Статистикалық бақылау картасын 2-суреттегі график бойынша көрсетеміз.



Сурет 1. Статистикалық бақылау картасы

1 суреттен өндірісте еңбек қорғауды басқару жүйесі жақсы дамығандығын көруге болады. Алынған бақылау кезеңдерінде жазатайым оқиғалар жиілігі жылдан жылға төмендеп отырғандығын байқаймыз.

Еңбек қорғау және шарты жағдайының көрсеткіштерін талдау барысында сәйкес көрсеткіштердің төмендеуі немесе көбеюінің орташа қарқынын анықтау да маңызды. Егер еңбек қорғау жағдайының қандай да бір көрсеткішін қабылдаса, мысалы, K_f жазатайым оқиғалар жиілігінің коэффициенті жыл бойынша t_i қарастырылып отырған сызықтық моделінің периоды өзгереді, онда келесі формулада оқыс жағдайлар жиілігінің өзгерісінің $k_{ж\text{о}}$ орташа қарқынын есептеу үшін ең кіші квадраттар әдісін қолданамыз:

$$k_{ж\text{о}} = \frac{\sum_{i=1}^n (K_{fi} - \bar{K}_f)(t_i - \bar{t})}{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2} \quad (14)$$

$\bar{K}_f$ - n жылдағы жазатайым оқиғалар жиілігінің орташа арифметикалық мәні; $\bar{t}$ – орташа жыл ($\bar{t} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$)

$$k_{ж\text{о}} = \frac{26,67}{2} = 13,335$$

$$\bar{t} = \frac{6048}{3} = 2016$$

Есептеуге қолайлы болу үшін 5-кестеде «аралас» уақытты $t'_i = t_i - t_{\text{бас}}$ қолданамыз, мұнда $t_{\text{бас}}$ – бастапқы жыл, талданып отырған кезеңдегі бірінші жылды білдіреді. Біздің жағдайда $t_{\text{бас}} = 2015$. Есептеулер мәні 5-кестеде көрсетілген (Тимофеева С.С.; 2014; Масякин Б.В., 2004).

Кесте 5. Жазатайым оқиғалар жиілігінің орташа жылдамдығын есептеу

Жылдар t_i	K_f	$K_{fi} - \bar{K}_f$	Аралас уақыт $t'_i = t_i - 2015$	$t'_i - \bar{t}$	$(K_{fi} - \bar{K}_f)(t'_i - \bar{t})$	$(t'_i - \bar{t})^2$
2015	26,67	-13,34	1	-1	13,34	1
2016	13,33	0	2	0	0	0
2017	0	+13,33	3	+1	13,33	1
Барлығы	40	-26,67	6	-	26,27	2
Орташа мәні	13,33	-	2	-	-	-

Осылайша, статистикалық бақылау картасы әдісімен өндірістік жаракаттанудың сандық көрсеткіштерінің соңғы жылдары талдау динамикасының төмендеуін көрсетеді:

$$(13,335/13,33) \cdot 100\% = 100\%$$

Қорытынды

Осы есептеу жұмыстарына сүйене отырып, кәсіпорында тәуекелдерді басқару жүйесінің жақсы деңгейде екендігін көруге болады. Тәуекелдерді басқару жүйесіндегі басқа құрылымдық бөлімшелер мен тұлғалардың ұстанымдарына қатысудың тиімді жүйесін құру қажет өндіріс пен басқарудың жалпы функциясын іске асыруды ғана емес, қауіп-қатер жағдайларын анықтауға, бақылауға және қадағалауға, сондай-ақ тәуекелдерді басқару функцияларын бөлімшелер арасында қайта бөлуді қамтамасыз ететін әкімшілік басқаруды пайдалануға мүмкіндік беретін функционалдық міндеттерін айқындау, бөлім жұмысының өзара байланысы және олардың қатысу дәрежесі тәуекелдерді басқарудың негізгі функцияларын орындау кезінде жүзеге асырылады.

Осылайша, «Қазақмыс Корпорациясы» ЖШС-де тәуекелдерді басқару жүйесін жетілдіру бойынша ұсыныстар енгізу кәсіпорынның жоспарланған және басқарылатын өндірістік қызметін жетілдіру, ресурстарды пайдалану тиімділігі және жобаларды дамытуға инвестиция салу арқылы нәтижелерге қол жеткізудің сенімділігін қамтамасыз етеді, экологиялық қауіпсіздіктің жоғары дәрежесі, компания беделін нығайта отырып, нәтижесінде бәсекеге қабілетті өнімнің одан әрі дамуына және ұзақ мерзімді перспективада тұрақты құндылықтарды құруға ықпал ететін болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Хадарцев А.А., Хрупачев А.Г., Панова И.В., Каменев Л.И., Седова О.А. Методологическая концепция профессионального риска и его количественная оценка // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2010. – № 35(92). – С. 69–80.

[2] Тимофеева С.С. Методы и технологии оценки производственных рисков // Практические работы для магистрантов по направлению 280700 «Техносферная безопасность». – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2014. – 177 с.

[3] Цыпин Е.Ф., Овчинникова Т.Ю. Преимущества и производственные риски использования рыбосортировочных комплексов. // Горный журнал. – 2015. – № 5. – С. 117-122.

[4] ТБЖ-СТ-04-2016 «Kazakhmys Holding (Қазақмыс Холдинг)» ЖШС еңбек қатынастары мен персоналды басқару саласында тәуекелдерді басқару» ұйым стандарты

- [5] Масякин Б.В., Пятякина О.А., О некоторых аспектах оценки производственного риска горного предприятия // ГОРНЫЙ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ БЮЛЛЕТЕНЬ. – 2004. – № 7. – С. 121-124; URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=9612912> (дата обращения: 31.05.2018).
- [6] Пачурин Г.В., Щенников Н.И., Курагина Т.И., Филиппов А.А. Профилактика и практика расследования несчастных случаев на производстве: Учебное пособие / Под общ. ред. Г.В. Пачурина. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Изд. «Лань», 2015. – 384 с.
- [7] Пачурин Г.В., Шевченко С.М., Ляуданскас Т.П. Система управления охраной труда в образовательном учреждении // Современные наукоемкие технологии. – 2016 – № 9 (часть 1). – С. 149–153.
- [8] Пачурин Г.В., Шевченко С.М., Горшкова Т.А., Ляуданскас Т.П. Обеспечение безопасности жизнедеятельности образовательного учреждения // Современные наукоемкие технологии. – 2016 – № 9 (часть 3). – С. 545–549.
- [9] Пачурин Г.В., Елькин А.Б., Миндрин В.И., Филиппов А.А. Основы безопасности жизнедеятельности: для технических специальностей: учебное пособие / Г.В. Пачурин [и др.]. – Ростов н/Д: Феникс, 2016. – 397 с.: ил. – (Высшее образование).
- [10] Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Щенников Н.И., Курагина Т.И. Производственный травматизм и направления его профилактики // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 1. – С. 45–50.
- [11] Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Снижение опасных и вредных факторов при очистке поверхности сортового проката // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 2–1. – С. 38–43.
- [12] Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Кузьмин Н.А. Оценка опасных и вредных факторов при производстве калиброванного проката и их устранение технологическими методами // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 7–2. – С. 161–164.
- [13] Pachurin G. V. Ruggedness of structural material and working life of metal components // Steel in Translation. – 2008. – Т. 38. – №3. – С. 217–220.
- [14] Pachurin G. V., Filippov A. A. Economical preparation of 40X steel for cold upsetting of bolts // Russian Engineering Research. – 2008. – Т. 28. – № 7. – С. 670–673.
- [15] Filippov A. A., Pachurin G. V., Naumov V. I., Kuzmin N. A. Low-Cost Treatment of Rolled Products Used to Make Long High-Strength Bolts // Metallurgist. – 2016. – V ol. 59. – Nos. 9–10. January. – P. 810–815.

Бликс А.А., Абдибаттаева М.М.

Оценка производственных рисков на горнодобывающем предприятии (на примере Саякского рудника)

Резюме: В статье представлен анализ производственных рисков на горнодобывающем предприятии, который сегодня является одним из актуальных вопросов. Также показаны результаты анализа динамики производственного травматизма с помощью статистической карты. В статье указано, что риск, рассчитанный ретроспективным методом, не превышает средний статистический риск, поэтому может быть предложено ввести современную систему управления безопасностью труда для дальнейшего улучшения условий труда.

Ключевые слова: производственный риск, оценка риска, вероятность, горнодобывающая предприятия, ретроспективный метод

Blix A.A., Abdibattayeva M.M.

Evaluation of production risks at mining enterprises (by the example of Sayak mine)

Summary: The article presents an analysis of production risks in mining enterprises, which today is one of the topical issues. The results of the analysis of the dynamics of production traumatism using a statistical map are also shown. The article states that the risk calculated by the retrospective method does not exceed the average statistical risk, therefore it may be proposed to introduce a modern labor safety management system to further improve working conditions.

Keywords: mining enterprises, production risk, risk assessment, probability, retrospective method

УДК: 553.982(574)

S.E. Baibotayeva, G.ZH. Moldabaeva

(Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev
Almaty, Republic of Kazakhstan, sbaibotayeva@mail.ru)

MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF DESTRUCTION OF WATER-OIL EMULSION OF PARAFFIN OILS

Abstract. A significant part of the largest oil fields in Kazakhstan are currently in the final stages of development. The process of dehydration includes the stages of drop formation and sedimentation. The more effectively the process of drop formation takes place, the more effective will be the separation of the water-oil emulsion into oil and water. At present, mathematical modeling is a necessary stage in solving problems of analysis, optimization and increasing the efficiency of oil treatment facilities. The purpose of this paper is the processing and analysis of experimental data on the influence of process parameters on the process of drop formation and the study of the process using a mathematical model.

Key words: oil preparation, interfacial tension, destruction of water-oil emulsions, mathematical model of the process, empirical function.

С.Е. Байботаева, Г.Ж. Молдабаева

(Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева,
Алматы, Республика Казахстан)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ПАРАФИНИСТЫХ НЕФТЕЙ

Аннотация. Значительная часть крупнейших нефтяных месторождений Казахстана в настоящее время находится на заключительных стадиях разработки. Процесс обезвоживания включает стадии каплеобразования и отстаивания. Чем эффективнее пройдет процесс каплеобразования, тем эффективнее будет разделение водонефтяной эмульсии на нефть и воду. В настоящее время необходимым этапом при решении задач анализа, оптимизации и повышения эффективности установок промышленной подготовки нефти является математическое моделирование. Целью данной работы является обработка и анализ экспериментальных данных по влиянию технологических параметров на процесс каплеобразования и исследование процесса с применением математической модели.

Ключевые слова: подготовка нефти, межфазное натяжение, разрушение водонефтяных эмульсий, математическая модель процесса, эмпирическая функция.

В промысловых условиях при подготовке скважинной продукции одним из решающих факторов, определяющих эффективность процесса деэмульсации нефти в целом, является разрушение бронирующих оболочек на каплях пластовой воды, обладающих структурно - механической прочностью и препятствующих взаимному слиянию и укрупнению капель. Поэтому важно выбрать оптимальный технологический режим этой части процесса деэмульсации парафинистой нефти, с использованием реагента-деэмульгатора [7,8]

В настоящее время для прогнозирования и оптимизации процессов первичной подготовки нефти используются моделирующие системы, основными модулями которых являются модели сепарации нефти, каплеобразования, отстаивания и обессоливания. В зависимости от технологической схемы установки подготовки нефти и оборудования, формируется алгоритм расчета с использованием модулей входящих в моделирующую систему [4-6,9]

Результаты проведенных нами экспериментов по выявлению зависимости межфазного натяжения σ от времени τ приведены в таблице 1.

Таблица 1. Экспериментальные данные зависимости межфазного натяжения от времени процесса

№	τ , мин	σ , мН/м			
		1	2	3	4
1	15	33	35	36	32
		1	2	3	4
2	30	20	19	21	17
		1	2	3	4
3	45	17	15	18	13
		1	2	3	4
4	60	18	15	16	13
		1	2	3	4
5	75	17	14	14	12
		1	2	3	4
6	90	15	15	13	11
		1	2	3	4
7	105	15	14	13	11
		1	2	3	4
8	120	14	14	13	10
		1	2	3	4
9	135	14	14	12	10
		1	2	3	4
10	150	14	14	10	10
		1	2	3	4

Для подбора вида эмпирической функции строим график (рис.1-2), где для значений коэффициента используем средние значения межфазного натяжения. Далее, после построения эмпирических функций, на этих же рисунках были построены их графики для сравнения.

Измеренные нами в опытах значения межфазного натяжения от расхода деэмульгатора приведены в таблице 2.

Таблица 2. Экспериментальные данные зависимости межфазного натяжения от расхода деэмульгатора

№	С _{деэм} , г/м ³	σ, мН/м			
		1	2	3	4
1	10	38	36	35	33
		1	2	3	4
2	20	28	26	29	25
		1	2	3	4
3	30	26	25	27	24
		1	2	3	4
4	40	24	22	20	19
		1	2	3	4
5	50	24	20	19	17
		1	2	3	4
6	60	23	20	20	16
		1	2	3	4
7	70	21	19	20	16
		1	2	3	4

Из таблицы 1 видно, что за время 150 минут среднее значение межфазного натяжения нефти снижается от 34 до 12. Увеличение расхода деэмульгатора от 10 до 70 снижает среднее межфазное натяжение нефти от 34 до 19. Для дальнейших расчетов нам понадобятся аналитические зависимости межфазного натяжения от этих двух параметров. Поэтому ставится задача создания математической модели в зависимости межфазного натяжения нефти от времени и от расхода деэмульгатора.

Выбрав среди известных графиков подходящие, нам необходимо подобрать такие значения параметров в формуле, чтобы разница между опытными значениями величины и значениями найденными по формуле, не превышала ошибок эксперимента.

Как видно из таблицы 1, характер зависимости позволяет аппроксимировать опытные данные в виде функций

$$f_1(x) = ae^{bx}, \text{ где } b < 0 \quad (1)$$

или

$$f_2(x) = a_0x^2 + a_1x + a_2, \quad (2)$$

где, аргумент-время процесса или значение расход деэмульгатора, функция-коэффициент межфазное натяжение.

Для проведения расчетов удобна функция вида (2), где коэффициенты находим, используя программу реализации метода наименьших квадратов.

Введя попарно значения времени и межфазного натяжения в программу, получаем зависимость от времени в виде квадратичной функции:

$$\sigma(\tau) = 0.1077\tau^2 - 3.1812\tau + 34.6792 \quad (3)$$

с абсолютной погрешностью $r = 0.1279$
и по расходу деэмульгатора

$$\sigma(C) = 6071.4296C^2 - 733.9286C + 41.2143 \quad (4)$$

с абсолютной погрешностью $r = 0.5791$.

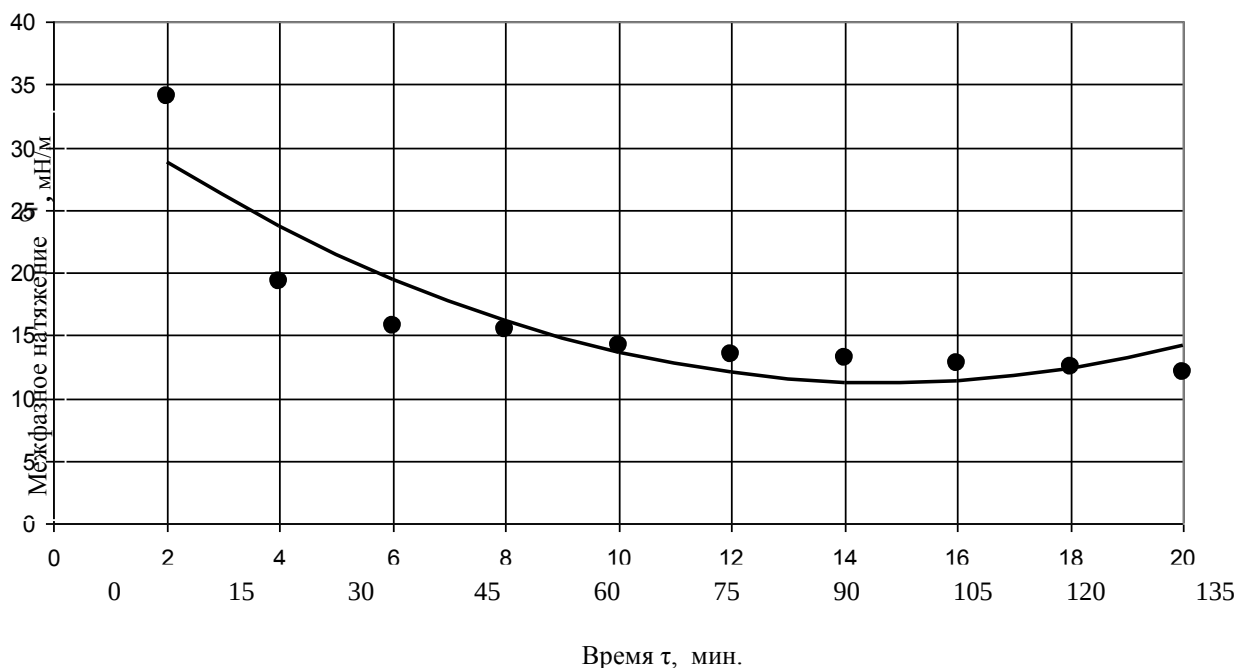


Рис. 1. Зависимость межфазного натяжения нефти от времени деэмульсации:
 точки – экспериментальные данные;
 кривая – эмпирическая функция

Из данных, приведенных на рисунке 1 видно, что по мере увеличения времени движения эмульсии по трубопроводам, глубина разрушения водонефтяной эмульсии возрастает.

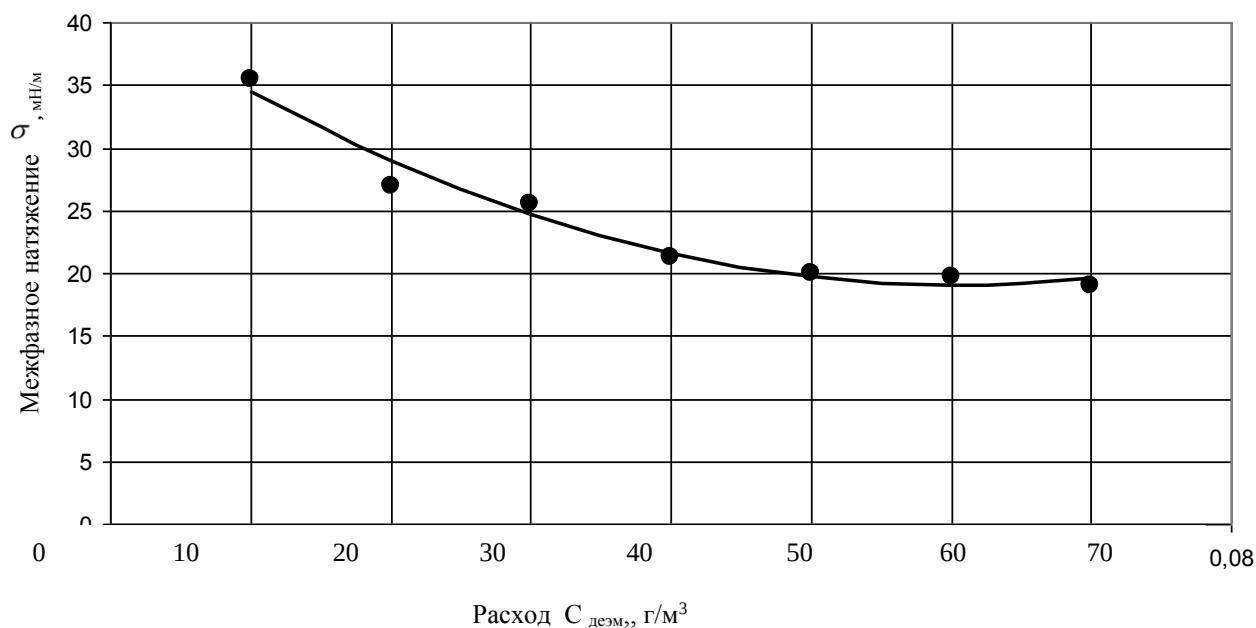


Рис. 2. Зависимость межфазного натяжения нефти от расхода деэмульгатора
 точки – экспериментальные данные;
 кривая – эмпирическая функция

Для линеаризации $f_1(x)$ прологарифмируем (1):

$$\ln(f_1(x)) = \ln(a) + bx, \quad (5)$$

т.е. получим линейную функцию

$$y = b_0 + bx, \quad \text{где } b_0 = \ln(a). \quad (6)$$

По методу наименьших квадратов [1] для коэффициентов (6) получим систему:

$$\begin{aligned} b \sum_{i=1}^n x_i^2 + b_0 \sum_{i=1}^n x_i &= \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ b \sum_{i=1}^n x_i + b_0 n &= \sum_{i=1}^n y_i, \end{aligned} \quad (7)$$

где n – количество опытов.

Такой подход использован, например в работе [2], получена формула

$$y = 2.4965x^{-0.40},$$

где: x – расход вводимого деэмульгатора, y – значение межфазное натяжение, а для диаметров капель нефти использована формула Тронова [3].

Проверка адекватности полученных математических моделей (3) и (4) нами выполняется путем сравнения разброса опытных данных относительно уравнения регрессии с величиной случайной ошибки эксперимента. При этом, для практики, можно применить следующий алгоритм [1]: если разброс имеет тот же порядок, что и ошибка опыта, то его можно объяснить случайными ошибками и уравнение адекватно. Если разброс значительно больше, то он, очевидно, не сводится к ошибке опыта, а связан с неадекватностью уравнения. Поэтому необходимо рассмотреть другие виды аппроксимирующей функции или нужно усложнить вид уравнения.

Для количественной оценки разброса используем меру разброса данных – остаточную дисперсию:

$$S_{ост}^2 = \frac{S}{f} = \frac{\sum_{j=1}^n (y_j - y_j^*)^2}{f}, \quad (8)$$

где S – минимальная сумма квадратов отклонений;

y_j – табличные значения в каждой точке x_j ;

y_j^* – значения найденной модельной функции в каждой точке x_j ;

f – число степеней свободы.

$f = n - p$, n – число экспериментов; p – число оцениваемых параметров, для функции вида (2) это число равно 3.

Мерой оценки величины случайной ошибки эксперимента является дисперсия воспроизводимости $S_{восн}^2$. Число степеней свободы равно на единицу меньше числа параллельных опытов m . Формула $f = m - 1$ в данном случае объясняется так же, и как формула для степени свободы при описании уравнениями: единица есть наименьшее число опытов, необходимое для того, чтобы составить представление о среднем значении определяемой величины.

Итак,

$$S_{восн}^2 = \frac{\sum_{j=1}^m (y_j - \bar{y})^2}{m - 1}, \quad (9)$$

где $\bar{y}$ – среднее значение y всех результатов параллельных экспериментов:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{j=1}^m y_j}{m}. \quad (10)$$

Для проверки адекватности рассчитываем дисперсионное отношение F

$$F = S_{ост}^2 / S_{восн}^2. \quad (11)$$

Если эта величина больше критического значения, то уравнение неадекватно, если меньше, то адекватно. Критическое значение F зависит от двух чисел степени свободы:

$f_1 = n - p$, входящего в формулу (8) и $f_2 = m - 1$, входящего в формулу (9).

Таблица критических значений F приводится во многих источниках по статистической обработке экспериментальных данных. Нами использована работа [1]. Качество аппроксимации экспериментальных данных уравнением регрессии можно оценить, сравнив остаточную дисперсию $S_{ост}^2$ и дисперсию относительно среднего S_y^2

$$S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y})^2}{n-1} \quad (12)$$

по критерию Фишера $F = S_{ост}^2 / S_y^2 \quad (13)$

Если эта величина больше критического значения, то уравнение неадекватно, если меньше, то адекватно. Если математическая модель оказалась неадекватной, то нужно либо изменить ее структуру, либо увеличить число проводимых экспериментов.

Проверим на адекватность модели (3) и (4). По формуле (8)

$$S_{ост}^2 = \frac{S}{f} = \frac{\sum_{j=1}^n (y_j - y_j^*)^2}{f} = \frac{8.6337}{7} = 1.2333.$$

По формуле (12), $S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y})^2}{n-1} = \frac{389.8062}{9} = 43.3118$

По формуле (13), $F = S_{ост}^2 / S_y^2 = 1.2333/43.3118 = 0.0285.$

По таблице значений критерия Фишера при уровне значимости $\alpha = 0.05$

$k_1 = n - p = 10 - 3 = 7$, $k_2 = m - 1 = 4 - 1 = 3$ получим число $F_{кр} = 8.94$, значит $F < F_{кр}$ и математическая модель (7) адекватно описывает экспериментальные данные табл.1.

Аналогично, для зависимости межфазного натяжения от расхода деэмульгатора получим:

$$S_{ост}^2 = \frac{S}{f} = \frac{\sum_{j=1}^n (y_j - y_j^*)^2}{f} = \frac{3.1945}{7} = 0.4564$$

$$S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (y_j - \bar{y})^2}{n-1} = \frac{95.457}{9} = 10.61; \quad F = S_{ост}^2 / S_y^2 = 0.4564/10.61 = 0.04$$

По таблице значений критерия Фишера при уровне значимости $\alpha = 0.05$

$k_1 = n - p = 10 - 3 = 7$, $k_2 = m - 1 = 4 - 1 = 3$ получим число $F_{кр} = 8.94$, значит $F < F_{кр}$ и математическая модель (8) также адекватно описывает экспериментальные данные табл.2.

ВЫВОДЫ

Исследования, выполненные с применением математической модели, показали, что межфазное натяжение нефти с увеличением расхода реагента-деэмульгатора и времени движения эмульсии по трубопроводам глубина разрушения водонефтяной эмульсии возрастает. Таким образом, учет в математической модели влияния расхода деэмульгатора на межфазное натяжение нефти позволит нам спрогнозировать влияние реагента на эффективность процесса каплеобразования при промышленной подготовке нефти и определить наиболее эффективные режимы процесса разрушения водонефтяной эмульсий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. М.: Химия, 1982.- С. 288.
2. Голубев М.В., Халикова А.И. Оптимизация процесса подачи деэмульгатора // Нефтегазовое дело. 2004.- Вып.2.С.114-121.
3. Тронов В.П. Промысловая подготовка нефти. –Казань: ФЭН, 2000.- С.16

4. Пат. 2359994 Российская Федерация, МПК C10G33/04. Способ деэмульгирования нефти бинарным деэмульгатором / Рогалев М.С., Магарил Р.З.; Патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Тюменский государственный нефтегазовый университет". – № 2008113685/04; заявл. 07.04.2008; опубл. 27.06.2009, Бюл. № 18. – 6 с.

5. Пат. 2294956 Российская Федерация, МПК C10G33/04. Способ подготовки нефти с повышенным содержанием механических примесей / Гумеров А.Г., Карамышев В.Г., Ходжаев В.В.; Патентообладатель: Государственное унитарное предприятие "Институт проблем транспорта энергоресурсов" ГУП "ИПТЭР". – № 2005128013/04; заявл. 07.09.2005; опубл. 10.03.2007, Бюл. № 7. – 6 с.

6. Ким С.Ф., Ушева Н.В., Самборская М.А., Мойзес О.Е., Кузьменко Е. Моделирование процессов разрушения водонефтяных эмульсий для крупнотоннажных технологий подготовки нефти. – Фундаментальные исследования. – 8/2013. – С.626-629.

7. Надиров К.С., Байботаева С.Е., Отарбаев Н.Ш., Разработка состава для обезвоживания и обессоливания парафинистых нефтей. Международной научно-практической конференции «Ауэзовские чтения-15: третья модернизация Казахстана-новые концепции и современные решения», посвященная 120-летию М. Ауэзова Т-3, Шымкент 2017- С. 203-208.

8. Байботаева С.Е., Молдабаева Г.Ж. Научные основы применения деэмульгаторов при добыче нефти. Международная научно-практическая конференция - Научно-техническое обеспечение горного производства. Труды том 88. С.56-59.

9. S.F. Kim, N.V. Usheva, O.E. Moyzes, E.A. Kuzmenko, M.A. Samborskaya, E.A. Novoseltseva. Modelling of dewatering and desalting processes for large-capacity oil treatment technology / Procedia Chemistry. – 10/2014. –С. 448 – 453.

Байботаева С.Е., Молдабаева Г.Ж.

Парафинді мұнайлардың сумұнайлы эмульсиясын бұзу процесінің математикалық моделі

Түйіндемe: Қазақстандағы ірі мұнай кен орындарының айтарлықтай бөлігі қазіргі уақытта дамудың соңғы сатысында тұр. Сусыздандыру процесі тамшылардың қалыптасуы және тұнуы кезеңдерін қамтиды. Тамшы қалыптастыру процесі неғұрлым тиімді болса, сумұнайлы эмульсияның мұнай мен суға бөлінуі соғұрлым тиімді болады. Қазіргі кезде математикалық модельдеу мұнай өңдеу қондырғыларының тиімділігін арттыру, оңтайландыру және тиімділігін арттыру мәселелерін шешуде қажетті кезең болып табылады. Сондықтан, осы мақаланың мақсаты - технологиялық параметрлердің тамшылардың қалыптасу процесіне әсері, тәжірибелік деректерді өңдеу мен талдау, және математикалық модельді пайдалана отырып, процессті зерттеу болып табылады.

Кілттік сөздер: мұнайды дайындау, фазааралық тартылу, сумұнайлы эмульсияларды бұзу, процесстің математикалық моделі, эмпирикалық функциясы.

Baibotayeva S.E., Moldabaeva G.ZH.

Mathematical model of the process of destruction of water-oil emulsion of paraffin oils

Summary. A significant part of the largest oil fields in Kazakhstan are currently in the final stages of development. The process of dehydration includes the stages of drop formation and sedimentation. The more effectively the process of drop formation takes place, the more effective will be the separation of the water-oil emulsion into oil and water. At present, mathematical modeling is a necessary stage in solving problems of analysis, optimization and increasing the efficiency of oil treatment facilities. The purpose of this paper is the processing and analysis of experimental data on the influence of process parameters on the process of drop formation and the study of the process using a mathematical model.

Key words: oil preparation, interfacial tension, destruction of water-oil emulsions, mathematical model of the process, empirical function.

N. V. Voronova, T.O. Omirkhan

(Al - Farabi Kazakh National University, Republic of Kazakhstan, Almaty

E-mail: talshynka1210@gmail.com)

TECHNOOLOGY OF PROCESSING OF SOLID HOUSEHOLD WASTE AND ITS EFFICIENCY IN THE CITY OF ALMATY AND ALMATY REGION

Abstract. Despite the fact that the work on regulation the waste management system has been going on for a long time in the Almaty region, the legislation, rules and regulations are constantly being improved, many problems remain, both with production and consumption wastes. The article considers the data characterizing the current state of the region in the sphere of solid waste management, draws conclusions based on the analysis of modern legislation and reporting and statistical materials, identifies the weaknesses of the current situation with production and consumption wastes, proposed measures to improve the waste treatment system. We have identified the priority tasks that need to be solved during developing a regional waste management system.

Key words: ecology, solid household waste, processing, utilization.

Н.В. Воронова, Т.Х. Өмірхан

(Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Республика Казахстан, Алматы)

E-mail: talshynka1210@gmail.com)

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В Г. АЛМАТЫ И АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. Несмотря на то, что работа по упорядочиванию системы управления отходами ведется в Алматинской области уже давно, постоянно совершенствуется законодательство, правила и нормы, остается множество проблем – причем как с отходами производства, так и потребления. В статье рассмотрены данные, характеризующие современное состояние в регионе в сфере обращения с ТБО, сделаны выводы, основанные на анализе современного законодательства и отчетных и статистических материалов, выявлены слабые стороны современной ситуации с отходами производства и потребления, были предложены мероприятия по улучшению системы переработки отходов. Определены первоочередные задачи, которые необходимо решить при разработке региональной системы управления отходами.

Ключевые слова: экология, твердые бытовые отходы, переработка, утилизация.

Основопологающим принципом построения системы обращения с твердыми бытовыми отходами является ограничение влияния отходов на окружающую среду путем максимального использование ресурсного потенциала отходов, снижение объема и токсичности отходов, направляемых на захоронение [1]. Для достижения этих задач система обращения с твердыми бытовыми отходами должна включать в себя:

- выделение из общего объема твердых бытовых отходов опасных и токсичных бытовых отходов и ценных вторичных ресурсов;
- постепенная подготовка населения к раздельному сбору отходов;
- создание новых полигонных мощностей, отвечающих современным требованиям технического развития и нормативной базы;
- постепенный переход к новым прогрессивным технологиям комплексной переработки твердых бытовых отходов, отвечающих современным экологическим и экономическим требованиям.

Методология исследования базируется на следующих подходах и принципах:

- анализ развития сектора ТБО;
- учет региональных особенностей;
- учет краткосрочных и долгосрочных аспектов развития и реализации;
- применение наилучших технологий и практик отрасли.

Целью данной работы является сбор, накопление и систематизация данных в области обращения с отходами, выявление закономерностей при обращении с отходами для разработки природоохранных мероприятий и принятия управленческих решений на новом мусороперерабатывающем заводе ТОО «Таза Жер МПК»

На территории Алматинской области определено 354 места захоронения, практически при всех населенных пунктах. Однако за счет средств бюджета обустроено только 11 полигонов [2]. Кроме них эксплуатируются ранее действовавшие 3 полигона, на которые имеется необходимая документация. Полигон, расположенный на территории Алматинской области (с. Айтей Карасайского района), принимает ТБО населения города Алматы. Население города Алматы генерирует ТБО в объеме около 750 тыс. т. Доступ населения к услугам организованного сбора и вывоза мусора является приемлемым только в пригородной зоне Алматы (близлежащие Карасайский, Жамбылский, Енбекшиказахский, Илийский и Талгарский районы), города Капчагай и Талдыкорган. Для малых городов, а также сельской местности характерна проблема отсутствия либо недостаточной степени оказания этих услуг и низкого качества услуг по организованному вывозу ТБО [3].

Полигонному захоронению подвергают около 95% образующихся ТБО, отходы размещаются на полигонах без предварительной сортировки и обезвреживания. Утилизации подвергается не более 3-5% ТБО. В области действует порядка двух десятков мелких компаний, занимающихся извлечением и первичной переработкой вторичных ресурсов, в основном бумаги, пластика, стекла и металлолома. Деятельность их не упорядочена, даже сама информация по объемам утилизации и извлекаемой финансовой выручке отсутствует. Объекты размещения отходов трудно назвать полигонами, так как они, по сути, представляют собой свалки мусора. ТБО часто утилизируют вместе с опасными медицинскими и промышленными отходами, которые содержат различного рода токсины и тяжелые металлы.

Ни одна свалка ТБО не соответствует требованиям санитарных правил и экологическим стандартам захоронения. Практически на всех полигонах ТБО отсутствуют и/или не используются весы в зоне приема отходов. Мощности большинства полигонов исчерпаны, отходы не уплотняются, не покрываются слоями почвы, выгружаются на слишком большой площади. Отсутствует ограждение и система управления фильтратом и свалочным газом. В области отсутствуют мусороперегрузочные (сортировочные) станции. Практически неразвитой остается система раздельного сбора отходов и (или) сортировки у источников образования ТБО. Отсутствует система мониторинга полигонов и свалок, не соблюдаются требования санитарных правил и санитарно-защитных зон. Мусоровозы не оснащены уплотняющим устройством, имеют низкую степень вместимости, что увеличивает количество поездок и эксплуатационные расходы. Специализированная техника для сбора отходов часто находится в плачевном состоянии. Количество контейнеров является недостаточным, их распределение не пропорционально населению города, что заставляет жителей выбрасывать отходы в непредназначенных для таких целей местах. Контейнеры принадлежат КСК, а не специализированным предприятиям. Это создает потенциальные проблемы стандартизации, парк машин может не соответствовать контейнерам. КСК ежегодно получают 100-300 контейнеров с бюджета. Система ТБО оптимизирована на сбор платежей, а не на сбор отходов. Предоставление услуг по сбору ТБО по требованию удобно для специализированных предприятий, но является причиной образования несанкционированных свалок в городе. Несобранные отходы хранятся на и вокруг мусорных площадок, значительно ухудшая внешний вид города. Мусор вокруг контейнеров и мусорных площадок является распространенной проблемой и основной причиной жалоб населения [4].

Существует проблема неплательщиков, пользующихся услугами ТБО: жители частных домов размещают отходы в находящихся по соседству контейнерах КСК многоэтажных домов. Практически во всех населенных пунктах области отсутствуют признаки стандартизации мусорных площадок и контейнеров. Контейнеры часто отличаются по размеру и возрасту; как правило, они старые и ржавые. Ограждение мусорных площадок в большинстве случаев отсутствует или находится в полуразрушенном состоянии. Практики удаления отходов вокруг мусорной площадки и очистки прилегающих к ней участков не существует. Сжигание является общепринятым методом утилизации отходов, в том числе на мусорных площадках и в контейнерах. В некоторых районах возникают незаконные сезонные свалки, периодически сжигаемые. Бродячие животные, питающиеся отходами рядом с площадками сбора, являются угрозой безопасности на территории населенных пунктов, в которых сбор отходов осуществляется. В сельских населенных пунктах отходы централизованно не вывозятся [5]. Отсутствие организованного контейнерного сбора ТБО на территории сельских поселений вызвано следующими причинами: экономическая непривлекательность для специализированного предприятия населенных пунктов с маленькой плотностью населения; нежелание населения заключать со специализированным предприятием договора на сбор и транспортирование отходов. Анализ исходной информации, собранный в отделах ЖКХ области, включая Управление энергетики и ЖКХ, показал отсутствие системы в принятии решений, проблемы в управлении сферой обращения с отходами, включая отсутствие должного контроля и анализа данных [6].

С учетом принятых концептуальных подходов построения системы обращения с отходами производства и потребления на территории Алматинской области и принятой модели развития нами были сформулированы основные принципы построения технологической схемы обращения с отходами [7].

1) Максимальное использование ресурсного потенциала отходов. Данный принцип предполагает построение системы обращения с отходами, направленной на извлечение максимального количества вторичного сырья за счет внедрения раздельного сбора, механобиологической переработки и энергетической утилизации отходов перед окончательным захоронением.

2) Минимизация количества отходов, направляемых на захоронение, с целью снижения негативного воздействия на окружающую среду объектов размещения отходов может быть достигнута за счет отбора утильных фракций в виде вторичного сырья.

3) Снижение токсичности отходов, направляемых на захоронение, за счет извлечения токсичных отходов на стадии сбора. Основным требованием к захоронению отходов должен стать принцип исключения захоронения отходов, обладающих ресурсным потенциалом.

4) Укрупнение объектов утилизации отходов и уменьшение общего числа объектов с целью повышения экономической эффективности инвестиций в развитие отрасли, строительства более совершенных объектов и минимизации негативного воздействия на стадии утилизации отходов. Данный принцип подразумевает переход к двухэтапной системе вывоза отходов и внедрению межрайонных объектов по переработке и обезвреживанию отходов.

5) Внедрение современных технологий переработки отходов потребует значительных инвестиций. С целью снижения нагрузки на бюджеты различных уровней развитие системы обращения с отходами должно быть основано на максимальном вовлечении частных инвесторов в систему обращения с отходами [8].

Текущий период развития экономики страны и Алматинской области характеризуется признанием экологических приоритетов в решении перспективных и инновационных задач устойчивого развития территорий, направленных, в первую очередь, на сбережение природных ресурсов и внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий

Развитие системы управления отходами и ВМР на территории Алматинской области должно основываться на следующих принципах:

1) системность, т.е. создание эффективной системы управления отходами и вторичными материальными ресурсами должно основываться на современной концепции обращения с ТБО и ВМР, соответствующей законодательству РК;

2) государственный подход к созданию региональной системы управления отходами и ВМР – данный подход позволит аккумулировать средства местных бюджетов и рационально их использовать, привлечь средства областного бюджета (субсидии);

3) комплексная переработка отходов и вторичных материальных ресурсов – внедрение системы сбора ВМР на специализированных приемных пунктах, организация сортировки ТБО и переработки (первичной переработки) ВМР на специализированных предприятиях, захоронение неутильной части ТБО на современных полигонах, отвечающих экологическим и санитарно-эпидемиологическим требованиям;

4) использование различных источников финансирования – областного и республиканского бюджетов, привлеченных средств.

Развитие системы организации и осуществления деятельности по сбору, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию и размещению отходов в области может осуществляться по 3 сценариям (вариантам) [9].

Первый вариант – инерционный, характеризующий собой дальнейшую эксплуатацию существующей системы обращения с отходами. Существующая на сегодняшний день, на территориях АТЕ схема санитарной очистки, сложилась в конце прошлого века и не позволяет обеспечить предоставление населению полного набора услуг по сбору, вывозу и захоронению ТБО. Сбор и вывоз ТБО осуществляется силами коммунальных специализированных предприятий, силами привлекаемых частных предприятий или населением самостоятельно [10]. В большинстве сельских населенных пунктов области система плано-регулярной очистки территорий не действует, отходы сжигаются или захораниваются на несанкционированных свалках. При инерционном варианте предполагается поэтапное приведение существующих объектов захоронения ТБО в соответствие с установленными требованиями с одновременным расширением до необходимой вместимости, а также укомплектование специализированных предприятий необходимой техникой. Все собранные ТБО предполагается захоранивать на существующих (расширенных) объектах. Для сбора и вывоза отходов специализированные предприятия необходимо укомплектовать современной техникой [11].

При инерционном варианте не учитывается организованный отбор ВМР (*вторичные материальные ресурсы*) и его промышленная переработка. При инерционном варианте система обращения с отходами области будет характеризоваться следующими показателями:

1) ростом количества свалок, не соответствующих установленным требованиям; высоким (более 80%) износом специальной техники;

2) низким качеством и неполным охватом населения области услугами по сбору и вывозу ТБО;

3) потерей большого количества ценных ВМР;

4) невозможностью привлечения инвестиций в область обращения с отходами;

5) дальнейшим ухудшением экологического состояния территории, в том числе природных территорий и рекреационных зон.

Второй вариант – оптимистический. Данный вариант обеспечивает реализацию мероприятий по совершенствованию коммунальных систем обращения с отходами и ВМР до уровня нормативных требований (100% охват населения плано-регулярным сбором и вывозом коммунальных отходов, строительство современных полигонов ТБО, рекультивация свалок ТБО, приобретение современной специальной техники) [12].

Оптимистический вариант предусматривает создание на территории каждого административно-территориального образования области комплекса объектов по сбору, транспортировке (вывозу), первичной переработке ВМР и захоронению ТБО. Данный вариант предусматривает создание на территории каждого административно-территориального образования следующих объектов:

- 1) мусоросортировочного комплекса, рассчитанного на сортировку всего объема ТБО, образующихся на территории населенных пунктов административно-территориального образования;
- 2) полигона для захоронения неутильной части отходов;
- 3) сети передвижных и стационарных пунктов по приему вторичного сырья; оснащения специализированных предприятий современной техникой; обеспечения населенных пунктов необходимым количеством контейнеров;
- 4) обустройства контейнерных площадок.

Достоинствами настоящего варианта являются:

- 1) наличие сложившейся организационно-технической структуры (подразделения администраций коммунальных образований, специализированные предприятия, сложившаяся система сбора платежей от населения и т.п.);
- 2) организация перевозок ТБО в пределах административно-территориального образования, что позволит оптимизировать количество техники, снизить расход ГСМ и количество водителей;
- 3) учет при размещении объектов по сбору, транспортировке (вывозу) первичной переработке и захоронению ТБО и ВМР, интересов не только отдельных поселений, но административного района в целом [13].

Недостатками варианта являются:

- 1) необходимость строительства современного полигона в каждом административно-территориальном образовании;
- 2) необходимость иметь полный набор мусороуборочной техники в каждом административно-территориальном образовании;
- 3) значительное негативное воздействие на окружающую среду;
- 4) сложность привлечения инвестиций в связи с незначительными объемами образования ТБО и ВМР в ряде АТЕ. Для поддержания устойчивого спроса на ВМР необходимо наличие специализированных отходоперерабатывающих предприятий, оснащенных современным оборудованием. Создание таких предприятий в каждой АТЕ нецелесообразно в связи с высокой стоимостью оборудования и незначительными объемами образования ВМР.

Третий вариант – инновационный. Данный вариант обеспечивает современный уровень обращения с отходами, характеризующийся понятием «управление отходами». Основу данного варианта развития системы управления отходами и ВМР составляет зонирование территории области по принципу отнесения нескольких административно-территориальных образований к одной зоне [14]. В состав каждой из зон должны входить следующие объекты:

- 1) участок механической сортировки ТБО;
- 2) участок термического обезвреживания биологических отходов и контрафактной продукции;
- 3) участок компостирования органической части ТБО;
- 4) участок захоронения хвостов ТБО;
- 5) участок сбора опасных отходов (отработанные энергосберегающие и люминесцентные ртуть-содержащие лампы, старые аккумуляторы и химические источники тока, нефтесодержащие отходы, отработанная электронная бытовая техника, отходы бытовой химии, отходы ремонта и технического обслуживания автотранспорта) от населения, малых и средних предприятий и организаций;
- 6) стационарные и мобильные пункты приема ВМР (экоресурспункты) от населения, малых и средних предприятий и организаций. Такой комплекс должен иметь статус «Комплексный полигон» и обеспечивать логику движения потоков и полную переработку ВМР собираемых на всей территории зоны. В состав «Комплексного полигона», кроме перечисленных объектов, должны входить учебно-сертификационный центр, площадки для практической демонстрации современных технологий и оборудования по переработке отходов, информационно-аналитический центр, производственные участки по переработке ВМР, в том числе:

- 1) участок рециклинга сложной бытовой и электронной техники; участок по первичной переработке макулатуры;
- 2) участок по переработке отходов полимерных материалов; участок по первичной переработке текстильных материалов; участок по пакетированию лома черных и цветных металлов; участок по переработке КГО и строительных отходов; участок по первичной переработке отходов стекла [15].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тугов А.Н., Москвичев В.Ф., Федоров А.Г. Европейский опыт решения проблемы отходов в мегаполисах // Твердые бытовые отходы. - 2015. - № 7. - С. 42-48.
- [2] Н. Назарбаев. G-GLOBAL - мир XXI века / Нурсултан Назарбаев. — Астана: Деловой мир Астана, 2013. — 196 с.
- [3] Программа модернизации системы управления твердыми бытовыми отходами на 2014 - 2050 годы РК – 10 с.
- [4] Правила разработки программы управления отходами от 25 ноября 2014 года № 146 – с. 3
- [5] Лунева О.В. Пиролиз - перспективная технология переработки ТБО / О.В.Лунева, В.И.Горда, Е.С.Матпак // Твердые бытовые отходы. Отраслевые ведомости. М., 2012. № 1(19).
- [6] Свиточ Н.А. Актуальные вопросы раздельного сбора и переработки отходов // Твердые бытовые отходы. Отраслевые ведомости. М., 2013. № 2(20).
- [7] Тугов А.Н. Киловатты из мусора / А.Н.Тугов, Г.А.Рябов, В.Ф.Москвичев // Твердые бытовые отходы. Отраслевые ведомости. М., 2015. № 1(19).
- [8] Уилсон Д. Управление отходами: факторы влияния // Твердые бытовые отходы. Отраслевые ведомости. М., 2014. № 3(21).
- [9] Пальгунов, П. П. Утилизация промышленных отходов: учебник для вузов / П. П. Пальгунов, М. В. Сумароков. – М. : Стройиздат, 2009. – 254 с.
- [10] Малыгин, А. С. Разработка комплексной системы управления ТБО в жилой среде / А. С. Малыгин // Вестн. АлтГТУ им. И.И. Ползунова. – 2010. – № 1-2. – С. 140-145.
- [11] Никогосов, Х. Раздельный сбор твердых бытовых отходов / Х. Никогосов, М. Бочкова, С. Мальцева // Коммунальщик. – 2010. – № 11. – С. 20-21.
- [12] Никогосов, Х. Н. Актуальные проблемы санитарной очистки городов от твердых бытовых отходов / Х. Н. Никогосов // Чистый город. – 2010. – № 2(50). – С. 9-11.
- [13] Демьянова, В. С. Преимущества раздельного сбора и сортировки твердых бытовых отходов / В. С. Демьянов, О. В. Егоров // Экол. урбанизир. территорий. – 2010. – № 3. – С. 76-79.
- [14] Девяткин, В. Управление отходами в России: пора использовать отечественный и зарубежный опыт/ В. Девяткин // Отечественные записки. – 2007. – № 2. – С. 77-87.
- [15] Титов, В. А. Переработка твердых бытовых отходов в средних и малых городах / В. А. Титов // Экол. и пром-сть России. – 2008. – Янв. – С. 10-11.

Воронова Н.В., Өмірхан Т.Х.

Қатты-тұрмыстық қалдықтардың өңдеу технологиясы және оның алматы қаласы мен алматы облысындағы тиімділігі

Түсініктеме. Қалдықтар басқару жүйе реттеу бойынша жұмыс енді алдақашан Алматинской облыста хабар алып, қарамастан, заң, ереже және нормалар тұрақты мінсіздікке жетіп жатыр, мәселелердің жиыны қалып жатыр – өндірістен қалдықтармен және де сияқты, солай тұтынуды. Мақалада қарастырылған үндеулерге салада өңірде қазіргі күйден өндірістен және тұтынудан қалдықтармен қазіргі жағдайлар әлсіз тараптар айқындалған қазіргі заңға және есеп беру және статистикалық материалдарға талдауда негіздеған қорытындылар істеп жасалынған сипаттайтын осы ҚТҚ, қалдықтар өңдеу жүйе жақсарту бойынша шаралар ұсынған еді. Қалдықтарда басқаруда аймақтық жүйеде әзірлеуде қажетті шешу керек бірінші кезекті есептер нақтылы.

Маңызды сөздер: экология, қатты тұрмыстық қалдықтар, өңдеу, тазарту

Voronova N. V, Omirkhan T.O.

Technoogy of processing of solid household waste and its efficiency in the city of almaty and almaty region

Summary. Despite the fact that the work on regulation the waste management system has been going on for a long time in the Almaty region, the legislation, rules and regulations are constantly being improved, many problems remain, both with production and consumption wastes. The article considers the data characterizing the current state of the region in the sphere of solid waste management, draws conclusions based on the analysis of modern legislation and reporting and statistical materials, identifies the weaknesses of the current situation with production and consumption wastes, proposed measures to improve the waste treatment system. We have identified the priority tasks that need to be solved during developing a regional waste management system.

Key words: ecology, solid household waste, processing, utilization.

УДК 543. 08

Ch. Nurzhanov, L.Naizabaeva, V.Pidlisnyuk, M.Satymbekov

(¹Institute of information and Computational Technologies

darkeremite@yandex.kz, naizabayeva@gmail.com

²Jan Evangelista Purkyne University, Usti nad Labem, Czech Republic

pidlisnyuk@gmail.com)

MATHEMATICAL MODEL OF VARIABILITY OF THE BIOLOGICAL ABSORPTION COEFFICIENT OF THE HEAVY METAL BY PLANTS DEPENDING FROM THE ENVIRONMENTAL FACTORS

Abstract. This article shows the results of the regression aimed at establishing to the mathematical relationship the biological absorption coefficient of the heavy metal by plants, depending from the environmental conditions. The initial variables were the c the biological absorption coefficient of the heavy metals (As Pb, Cd, Zn, Co, Ni, Cu, Cr, Ba, Sr, Mn), soil acidity, soil moisture, air temperature. Regression analysis showed that the predictors that have the greatest influence on the migration of heavy metals in the system "soil-root-above-ground" was the acidity and moisture of the soil. This the dependence has the linear character. The values of the determination coefficient was close to the value 1, which indicates the statistical reliability of the results of the study, and the value of criterion of Fisher speak confirms the statistical reliability of the equations in general.

Key words: regression analysis, heavy metals, plant, soil, environmental factors

Ч. Нуржанов¹, Л. Найзабаева¹, V. Pidlisnyuk², М.Сатымбеков¹

(¹Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан

naizabayeva@gmail.com, darkeremite@yandex.kz

²Jan Evangelista Purkyne University, Usti nad Labem, Czech Republic

pidlisnyuk@gmail.com)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ РАСТЕНИЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аннотация. В данной статье приведены результаты регрессионного анализа, направленные на установление математической зависимости накопления тяжелых металлов в вегетативных органах растений в зависимости от условий среды. Исходными переменными служили коэффициент биологического поглощения 12 тяжелых металлов (As Pb, Cd, Zn, Co, Ni, Cu, Cr, Ba, Sr, V, Mn), кислотность почвы, влажность почвы и температура воздуха. Регрессионный анализ показал, что основными предикторами, оказывающие наибольшее влияние на миграцию тяжелых металлов в системе «почва-корень-надземная часть» являются кислотность и влажность почвы. Значения коэффициента детерминации близки к значению 1, что свидетельствует о статистической достоверности результатов исследования, а высокие значения критерия Фишера подтверждают о статистической надежности уравнений в целом.

Ключевые слова: регрессионный анализ, тяжелые металлы, растение, почва, факторы среды

Введение

Одним из активно развивающихся направлений в экологической биотехнологии является разработка стратегии восстановления земель, загрязненной ксенобиотиками. Фиторемедиация одна из стратегий, которая используется для восстановления загрязненной ксенобиотиками почвы с помощью растений. Данная технология успешно развивается и используется во многих странах мира, в том числе Казахстане [1-4]. Процесс фиторемедиации загрязненных земель связано принципами компартментализации физиологии растительного организма. В основу схематического представления физиологических процессов фиторемедиации входят процесс: экстракции корневой системы загрязнителя из почвы; транслокация загрязнителя из корневой системы в стебли растительного организма; транслокация загрязнителя из стебля в листья. В связи с этим, основным параметром, оценивающей фиторемедиационный потенциал растительного организма являются коэффициент биологического поглощения (КБП). КБП рассчитывается как отношение содержания химических элементов в вегетативных органах растения к его содержанию в почве и используется для оценки связи среды и физиологической роли химического элемента, а также для выявления участия каждого химического элемента в биотическом круговороте и параметром толерантности растений к загрязнителю [5].

Коэффициент биологического поглощения разных элементов в процесс биологической миграции в системе «почва – корень – надземная часть» неодинаков и зависит от ряда внешних и внутренних факторов. Поэтому математическое моделирование и прогнозирование распределения ксенобиотика в системе «почва-растение» в зависимости от внешних и внутренних факторов позволяет выявить скрытые причинно-следственные связи между наблюдаемыми параметрами. В связи с этим, разрабатываются различные математические модели влияния различных факторов среды на поглощение растением ксенобиотиков из загрязненной почвы. Модели основаны в основном на уравнение баланса массы, которые описывают перенос загрязняющих веществ в системе «почва – корень – надземная часть» [6, 7]. Особый интерес вызывают математические модели, описывающие модели поглощения, связанные с сочетанием влажности почвы, динамики роста корней с учетом адсорбции ксенобиотика, дисперсией, адсорбцией и десорбцией [8, 9].

Поглощение и накопление загрязнителя растением это сложный комплексный процесс, в котором участвуют физические, биологические и химические факторы [10]. До конца не известны механизмы биоаккумуляции, связанные с биодоступностью ксенобиотика ризосферой, скоростью поглощения загрязнителя корнями; скорость миграции загрязнителя по ксилеме к побегам и толерантностью клеток к токсическим веществам [11, 12]. Поэтому сложно охватить сразу все аспекты моделирования фиторемедиационной технологии. Поэтому модели биоаккумуляция обычно фокусируются на транспорте и накоплении их в вегетативных органах растительного организма [7], создаются также различные типы модели, учитывающие влияние динамики микробной биомассы на деградацию загрязняющих веществ в корневой зоне [13-15]; модели, связанные с учетом агротехники и с внесением хелатирующих агентов для усиления детоксикации загрязнителя [16, 17]. Актуальность исследования связано с тем, что очистка загрязненной почвы является важной проблемой для окружающей среды, экономики и здравоохранения. В частности, химическая деградация затрагивает около 12% земель в мире, в том числе Казахстане [18, 19].

Цель исследования: разработать математическую модель накопления загрязнителя растением в зависимости от условий среды (кислотности, влажности почвы, температуры среды) с помощью регрессионного анализа.

Методы исследования и материалы

Экспериментальные данные были получены в рамках проекта МОН РК 0451/ГФ4. Объект исследования - новый фиторемедиант *Miscantus x giganteus* (мискантус гигантский). *M.giganteus* выращивали на почве, загрязненной тяжелыми металлами ($Zc=20.0\pm 3.1$ мг/кг) в условиях теплицы с учетом климатических и агротехнических условий среды [20, 21].

При проведении регрессионного анализа в качестве результативного показателя (y) использовали коэффициент биологического поглощения тяжелых металлов (As, Pb, Cd, Zn, Co, Ni, Cu, Cr, Ba, Sr, Mn) растением, а в качестве переменных факторов (x) – кислотность почвы (pH 8,13-8,94), влажность почвы (влажность почвы 8-11%) и температуру воздуха (21-30°C).

Регрессию рассчитывали по следующей формуле;

$$Y = b_0 + b_1X_1 + \dots + b_kX_k,$$

где $X_1, \dots, X_k$ – факторы, $b_0, \dots, b_k$ – коэффициенты регрессии.

Качество полученных регрессионных моделей оценивали с использованием коэффициента детерминации (R^2) с помощью дисперсионного анализа.

Результаты и их обсуждение

На основании расчета, получено эмпирическое уравнение регрессии коэффициента биологического поглощения тяжелых металлов растением, произрастающие на загрязненной тяжелыми металлами почве, с учетом величины достоверности аппроксимации. Регрессионный анализ показал, что уравнение, описывающее зависимость коэффициента биологического поглощения тяжелых металлов растением от кислотности среды, влажности почвы и температуры имеет линейный вид (таблица 1, таблица 2, таблица 3).

Установлено, что коэффициент биологического поглощения 12 элементов (As, Pb, Cd, Zn, Co, Ni, Cu, Cr, Ba, Sr, V, Mn) зависит от факторов среды. Так, при расчете коэффициента детерминации между коэффициентом биологического поглощения элементов и кислотностью среды отмечено что

Таблица 1: Уравнения линейной зависимости коэффициента биологического поглощения тяжелых металлов растением в зависимости от кислотности почвы и параметры дисперсионного анализа

Металлы	Уравнения	Дисперсионный анализ		
		R ²	Нормированный R ²	F
As	$Y = 0.311752 - 2.42074 \cdot X_1$	0,91	0,92	139,46
Pb	$Y = 0.633107 - 4.93565 \cdot X_1$	0,85	0,86	62,81
Zn	$Y = 1.115822 - 8.63704 \cdot X_1$	0,91	0,91	114,07
Co	$Y = 0.638783 - 5.30143 \cdot X_1$	0,75	0,73	30,76
Ni	$Y = 0.483032 - 3.82095 \cdot X_1$	0,88	0,86	74,10
Cu	$Y = 0.71569 - 5.23147 \cdot X_1$	0,88	0,87	75,29
Cr	$Y = 9.374263 - 6.76103 \cdot X_1$	0,81	0,79	44,86
Ba	$Y = 0.934533 - 7.14674 \cdot X_1$	0,86	0,84	62,48
Sr	$Y = 1.28142 - 9.74377 \cdot X_1$	0,85	0,83	58,30
V	$Y = 0.470819 - 3.87945 \cdot X_1$	0,92	0,92	129,27
Mn	$Y = 0.372201 - 2.82201 \cdot X_1$	0,93	0,93	149,04

Таблица 2: Уравнения линейной зависимости коэффициента биологического поглощения тяжелых металлов растением в зависимости от влажности почвы и параметры дисперсионного анализа

Металлы	Уравнения	Дисперсионный анализ		
		R ²	Нормированный R ²	F
As	$Y = 0.022314 + 0.125441 \cdot X_1$	0,92	0,92	131,51
Pb	$Y = 0.045223 + 0.235631 \cdot X_1$	0,85	0,83	59,29
Zn	$Y = 0.078748 + 0.482233 \cdot X_1$	0,89	0,87	81,07
Co	$Y = 0.048342 - 0.09831 \cdot X_1$	0,84	0,82	52,58
Ni	$Y = 0.03569 + 0.118146 \cdot X_1$	0,93	0,92	144,14
Cu	$Y = 0.050906 + 0.615522 \cdot X_1$	0,86	0,85	65,87
Cr	$Y = 0.685049 + 8.877057 \cdot X_1$	0,84	0,83	56,20
Ba	$Y = 0.069917 + 0.469688 \cdot X_1$	0,93	0,93	151,27
Sr	$Y = 0.095663 + 0.700877 \cdot X_1$	0,92	0,91	123,01
V	$Y = 0.03364 - 0.0338 \cdot X_1$	0,92	0,91	116,88
Mn	$Y = 0.026047 + 0.221064 \cdot X_1$	0,89	0,88	82,77

Таблица 3: Уравнения линейной зависимости коэффициента биологического поглощения тяжелых металлов растением в зависимости от температуры и параметры дисперсионного анализа

Металлы	Уравнения	Дисперсионный анализ		
		R ²	Нормированный R ²	F
As	$Y = 0.018316 - 0.24654 \cdot X_1$	0,71	0,62	25,25
Pb	$Y = 0.042494 - 0.66248 \cdot X_1$	0,86	0,85	63,72
Zn	$Y = 0.018316 - 1.13674 \cdot X_1$	0,84	0,84	189,32
Co	$Y = 0.037565 - 0.84744 \cdot X_1$	0,58	0,53	13,83
Ni	$Y = 0.028709 - 0.46109 \cdot X_1$	0,69	0,66	22,49
Cu	$Y = 0.050153 - 0.4577 \cdot X_1$	0,86	0,86	269,07
Cr	$Y = 0.0511853 - 1.18921 \cdot X_1$	0,54	0,49	11,84
Ba	$Y = 0.05477 - 0.62557 \cdot X_1$	0,65	0,62	19,28
Sr	$Y = 0.080972 - 0.95962 \cdot X_1$	0,75	0,73	31,33
V	$Y = 0.028007 - 0.60518 \cdot X_1$	0,73	0,70	27,10
Mn	$Y = 0.022555 - 0.24469 \cdot X_1$	0,76	0,74	32,62

R_2 варьирует в пределах от 75 до 93%, между коэффициентом биологического поглощения элементов и влажностью среды – 84-93%, а между коэффициентом биологического поглощения элементов и температурой среды – 54 до 86%, а оставшиеся 7-14% изменчивости коэффициента детерминации зависят от действия других факторов среды. Замечено, что биодоступность растением одних металлов (As, Zn, V, Mn) зависит больше от кислотности почвы, других (As, Ni, Ba, Sr, V) от влажности почвы, а третьих (Pb, Cu) от температуры. Результаты свидетельствуют о том, что наиболее значимыми факторами, влияющие миграцию тяжелых металлов в системе «почва-корень-надземная часть» являются кислотность и влажность почвы.

Спектр биодоступности тяжёлых металлов растением в зависимости от кислотности и влажности почвы выше, чем спектр биодоступности тяжёлых металлов растением в зависимости от температуры. Вероятно, низкая биодоступность растением остальных элементов (Cd, Co, Cr) связано с действиями других факторов среды. Следует заметить, что нормированный R-квадрат во всех расчетах незначительно различается от коэффициента детерминации, что доказывает хорошее качество модели. Высокие значения критерии Фишера говорят о статистической достоверности результатов исследования. Полученные результаты согласуются с литературными данными [5], что коэффициент биологического поглощения разных элементов растением неодинаков и зависит от изменяющихся во времени условий окружающей среды.

Заключение

Используя регрессионный анализ, оценили зависимость коэффициента биологического поглощения тяжелых металлов из загрязненной почвы растением от температуры, влажности почвы, кислотности среды, с учетом величины достоверности аппроксимации. Получены математические модели коэффициента биологического поглощения тяжелых металлов растением в зависимости от фактора среды. Регрессионный анализ показал, что предикторами, оказывающие наибольшее влияние на миграции тяжелых металлов из загрязненной среды в вегетативные органы растения являются кислотность и влажность почвы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Tsao D.T. Overview of phytotechnologies // *Advances in Biochemical Engineering /Biotechnology Phytoremediation* – 2003. – Springer-Verlag: Berlin – Vol. 78. – P. 50.
- [2] Pilon-Smits E. Phytoremediation // *Plant Biology*. – 2005. – Vol. 56 – P. 15–39.
- [3] Pezzarossa B., Gorini F., Petruzzelli G. Heavy Metal and Selenium Distribution and Bioavailability in Contaminated Sites: A Tool for Phytoremediation – Dynamics and Bioavailability of Heavy Metals in the Roots Zone. – 2011. Press Taylor и Francis Group, Florida. – P.93-127.
- [4] Nurzhanova A., Kalugin S., Zhambakin K. Obsolete pesticides and application of colonizing plant species for remediation of contaminated soils in Kazakhstan // *Environmental Science and Pollution Research* – 2013. – Vol. 20. – P. 2054-2063.
- [5] Diwan H., Ahmad A., Iqbal M. Uptake-related parameters as indices of phytoremediation potential // *Biology* – 2010. – Vol. 65/6. – P. 1004–1011.
- [6] Paterson S., Mackay D, McFarlane, C. A model of organic-chemical uptake by plants from soil and the atmosphere // *Environmental Science and Technology*. –1994. –Vol.28. – P.2259-2266.
- [7] Undeman E., Czub, G., McLachlan, M. S. 2009 Addressing temporal variability when modeling bioaccumulation in plants // *Environmental Science and Technology*. – 2009. –Vol.43. – P. 3751–3756.
- [8] Vogeler, I., Green, S. R., Scotter, D. R. & Clothier, B. E. 2001 Measuring and modelling the transport and root uptake of chemicals in the unsaturated zone // *Plant Soil*. – 2001. –Vol.231. – P. 161-174.
- [9] Verma P., George K. V., Singh H. V., Singh K., Juwarkar A., Singh R.N. Modeling rhizofiltration: heavy-metal uptake by plant roots // *Environmental modeling and assessment* – 2006. –Vol. 11. – P. 387-394.
- [10] Thoma G.J., Lam T.B. Wolf D.C. A Mathematical Model of Phytoremediation for Petroleum-Contaminated Soil: Model Development // *International Journal of Phytoremediation*. – 2003. – Vol.5. No. 1. – P. 41–55.
- [11] Trapp S. Plant Uptake and Transport Models for Neutral and Ionic Chemical // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2004. – Vol. 11. No. 1. – P. 33-39
- [12] Sarma H., Metal Hyperaccumulation in Plants: A Review Focusing on Phytoremediation Technology // *Journal of Environmental Science and Technology*. – 2011. – Vol. 4, N 2. – P. 118-138.
- [13] Водопьянов В.В. Математические модели и методы анализа восстановления биосистем, подверженных антропогенным воздействиям (на примере восстановления нефтезагрязненных почв) – автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. 2008. Уфа. – 48 с.
- [14] Narayanan M., Tracy J.C., Davis L., Erickson L. Modeling the fate of toluene in a chamber with alfalfa plants. 1 Theory and modeling concepts // *Journal Hazardous Substance Research*. – 1995. – 5a (1). –P.1-30.

- [15] Zung K.S., Corapcioglu M.Y., Drew M.C., Munster C.L. Plant contamination by organic pollutants in phytoremediation // Journal of Environmental Quality. – 2001. – Vol.120 (1). – P.57-67.
- [16] Lugli F., Mahler C.F. Phytoremediation of Metals: A Numerical Analysis // International Journal of Phytoremediation. – 2015. – Vol.17, N 3. – P. 242-248.
- [17] Korostina O.A., Kuyukina M.S., Ivshina I.B., Kostina L.V., Osipenko M.A., Nyashin Yu.I. The use of software for solving problems related to the purification of soil from oil and heavy metals through the biosurfactant // Russian Journal of Biomechanics. – 2011, – Vol. 15, N 3 (53). – P. 86-92.
- [18] Bini C. From Soil Contamination to Land Restoration – 2010, Nova Science Publisher, New York.
- [19] Панин М.С. Влияние техногенных факторов и агрохимической деятельности человека на содержание миграцию тяжелых металлов в системе “почва-растение” // Состояние и рациональное использование почв республики Казахстана. – 1998. – С. 76-79.
- [20] Отчет проекта 0451/ГФ4 «Разработка технологии улучшения загрязненных тяжелыми металлами и пестицидами земель с использованием растения мискантуса гигантского (*miscanthus x giganteus*) – нового высокоэффективного фиторемедианта». 2016. – 85 с.

Нуржанов Ч., Найзабаева¹Л., Pidlisnyuk V., Сатымбеков М.

Қоршаған орта факторларына қатысты өсімдіктердің ауыр металдарды биологиялық сіңіру коэффициентінің өзгергіштіктің математикалық моделі

Түйіндеме Қоршаған ортаның жағдайларына байланысты өсімдіктерде ауыр металдардың биологиялық сіңіру коэффициентінің математикалық тәуелділігін анықтауға бағытталған регрессиялық талдаудың нәтижелері келтірілген. 12 ауыр металдың (Pb, Cd, Zn, Co, Ni, Cu, Cr, Ba, Sr, V, Mn) биологиялық сіңіру коэффициенті, топырақтың қышқылдығы, топырақтың ылғалдылығы, ауа температурасы сияқты бастапқы айнымалылары ретінде алынды. Предиктаторлар ретінде, топырақтың қышқылдығы мен ылғалдылығы “топырақ-тамыр-жер үсті бөлігі” жүйесінде ауыр металдардың жиналуына үлкен әсерін тигізетінін регрессиялық анализ көрсетті.

Түйінді сөздер: регрессиялық анализ, ауырметалдар, өсімдік, топырақ, қоршаған орта факторлары

Nurzhanov Ch., Naizabaeva L., Pidlisnyuk V., Satymbekov M.

Mathematical model of variability of the biological absorption coefficient of the heavy metal by plants depending from the environmental factors

Summary. Shown the relationship between the biological absorption coefficient of the heavy metal by plants and the environmental conditions factors with help the regression analysis. The initial variables were the c the biological absorption coefficient of the heavy metals (As Pb, Cd, Zn, Co, Ni, Cu, Cr, Ba, Sr, Mn), soil acidity, soil moisture, temperature. Established that the predictors that have the greatest influence on the migration of heavy metals in the system “soil-root-above-ground” was the acidity and moisture of the soil.

Key words: regression analysis, heavy metals, plant, soil, environmental factors

УДК 621.777

S. A. Mashekov¹, G.A. Smailova², E.A. Tussupkaliyeva¹, B. A. Bekbossynova¹

⁽¹⁾Satpayev University, Kazakhstan, Almaty

²Kazakh National Agrarian University, Kazakhstan, Almaty

E-mail: mashekov.1957@mail.ru)

DETERMINATION OF A NEW RADIAL-SHIFTING MACHINE DRIVE CONFIGURATION FOR PRESSING OF BARS AND PIPES FROM NON-FERROUS METALS

Annotation In the article, a new mill is proposed, which is a complex of rolling and heating equipment intended for hot screw rolling of bars and pipes of small diameters. In work, on the basis of the analysis of theoretical data the drive of a new mill is chosen. The effect of modified gear teeth of pinions of a piercing mandrel of a radial-shifting mill on noise and vibration is investigated. The conducted experimental researches to determine the noise level of gear wheels with modified teeth showed that for transmissions $7 \div 9$ of the degree of use on one of mating wheel longitudinally to modified teeth gives a significant reduction in the load concentration and a decrease in vibration and noise of $3 \div 5$ dB and the use of the profile modification of the teeth along the entire height of tooth, obtained by the hydroabrasive method, which allowed to reduce the noise level by $4 \div 6$ dB. If there is no load, the noise level increases when the depth of the profile modification increase. Under the load, when the profile modification increases, the transmission noise level first decreases, then increases.

Keywords: radial-shift mill, rolls, stand, cage, spindle, pinion, gear train, vibration, noise, tooth contact.

С.А. Машеков¹, Г.А. Смаилова², Э.А. Тусупкалиева¹, Б.А. Бекбосынова¹

(¹Университет имени К.И. Сатпаева,

²Казахский национальный аграрный университет

E-mail: mashekov.1957@mail.ru)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИИ ПРИВОДА НОВОГО РАДИАЛЬНО-СДВИГОВОГО СТАНА ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ ПРУТКОВ И ТРУБ ИЗ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Аннотация В статье, предложен новый стан, представляющий собой комплекс прокатного и нагревательного оборудования, предназначенного для горячей винтовой прокатки прутков и труб малых диаметров. В работе на основе анализа теоретических данных выбран привод нового стана. В работе исследовано влияние модифицированных зубьев колес шестеренных клетей прошивной оправки радиально-сдвигового стана на шум и вибрацию. Проведенные экспериментальные исследования по определению уровней шума зубчатых колес с модифицированными зубьями показали, что для передач $7 \div 9$ степени использования на одном из сопрягаемом колесе продольно модифицированных зубьев дает значительное снижение концентрации нагрузки и уменьшение вибрации и шума $3 \div 5$ дБ и применение профильной модификации зубьев по всей высоте зуба, полученной гидроабразивным способом, позволило снизить уровень шума на $4 \div 6$ дБ. При отсутствии нагрузки, с увеличением глубины профильной модификации уровень шума возрастает. Под нагрузкой, с увеличением профильной модификации уровень шума передачи вначале уменьшается, затем увеличивается.

Ключевые слова: радиально-сдвиговый стан, валки, станина, клеть, шпиндель, шестеренная клеть, зубчатая передача, вибрация, шум, контакт зубьев.

Введение

Радиально-сдвиговые станы (РСС) являются основными оборудованьями прокатки прутков и труб, определяющими производительность прутково- и трубопрокатных агрегатов [1-3]. При этом от их работы зависит качество прутков и труб, получаемых на этих агрегатах. В этих агрегатах сравнительно сложным оборудованием считается станы радиально-сдвиговой прокатки (РСП) [4-7]. Сложность данных станов связано с тем, что в процессе прокатки деформируемая заготовка получает, как вращательное, так и поступательное движения.

Цель работы: определение конфигурации привода нового радиально-сдвигового стана для прессования прутков и труб различного назначения.

Материалы и методики исследований

Для упрощения конструкции прутково- и трубопрокатных агрегатов, нами предлагается энерго-сберегающий РСС непрерывного прессования с программным управлением, позволяющий без пресс-остатков с высокой производительностью изготавливать прутки и трубы различного типоразмера [8].

Предлагаемый стан представляет собой комплекс прокатного и нагревательного оборудования, предназначенного для горячей винтовой прокатки прутков и труб малых диаметров. Трехвалковая рабочая клеть РСС состоит из станины, в расточках которой через 120° смонтированы узлы рабочих валков. Рабочие валки смонтированы на подушках, крутящий момент, которым передается через шпиндели от электродвигателей. Клетки нового стана сконструированы с возможностью расположения валков в клетях с различными углами к оси прокатки и тангенциальным смещением относительно ее на 18 мм. Параметры, характеризующие взаимное положение осей прокатки и валков были определены в результате изучения опыта эксплуатации станов поперечно-винтовой прокатки.

По классической схеме главная линия станов радиально-сдвиговой прокатки состоит из рабочей клетки, универсальных шпинделей, шестеренной клетки, главного шпинделя и двигателя [1]. Рассмотрим необходимость использования этих элементов классические схемы в приводе РСС новой конструкции.

В случае использования в главной линии проектируемого стана вышеперечисленных элементов, то передаточное отношение можно найти по формуле [9]: $i = i_{12}i_p$, где i_{12} - передаточное отношение универсального шпинделя; i_p - передаточное отношение шестеренной клетки (при групповом приводе).

При этом передаточное отношение универсального шпинделя можно посчитать по известной формуле [10,11]:

$$i_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{1 - \sin^2 \alpha_1 \cos \varphi_1 - \sin^2 \alpha_2 (\cos \beta_1 \sin \varphi_1 + \sin \beta_1 \cos \alpha_1 \cos \varphi_1)^2}{\cos \alpha_1 \cos \alpha_2}, \quad (1)$$

где ω_1, ω_2 – угловые скорости валка и приводного шпинделя, α_1, α_2 – углы перекосов в шарнирах универсальных шпинделей; φ_1 – угол поворота валка, $\beta_1 = \psi - \lambda$; ψ – угол разворота вилок промежуточного вала шпинделя, λ – угол между плоскостями осей одинарных шарниров.

Рассмотрим случай, когда

$$i_{12} = 1(\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha; \psi = \lambda), \omega_1 = \omega_2; \\ M_2 = M_{дв} = \text{const}; M_1 = M_{прок.}$$

Кинетическую энергию для установившегося процесса можно определить по уравнению [9-11]:

$$E = I_1 \frac{\omega_1^2}{2} + I_2 \frac{\omega_2^2}{2} + I_3 \frac{\omega_3^2}{2} = I_{cp} \frac{\omega_{cp}^2}{2} = \text{const},$$

где ω_{cp} – постоянная для всех звеньев главной линии мгновенная средняя скорость; $I_{cp} = I_1 + I_2 + I_3$ – суммарный динамический момент инерции всех звеньев главной линии. Следует отметить, что в данном уравнении не учитывается потери в главной линии стана.

Принимая во внимание, что $\omega_1 = \omega_2$, $\omega_3 = \omega_2 i_{32}$ и

$$\omega_2 = \omega_{cp} \sqrt{\frac{I_{cp}}{I_1 + I_2 + I_3 i_{32}^2}},$$

а также приняв гармонический закон изменения передаточного отношения i_{32} с соответствующим периодом и амплитудой, т.е. зависимость $i_{32} = 1 + B \cos 2\varphi_1$, где $B = \frac{i_{32\max} - i_{32\min}}{2} = \frac{\sin^2 \alpha}{2 \cos \alpha}$, ω_2 можно определить по формуле [9]:

$$\omega_2 = \omega_{cp} \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{I_3}{I_{cp}} 2B \cos 2\varphi_1}}.$$

По материалам работ [1,9-11], в станах РСП выполняется следующее условие:

$$\frac{I_3}{I_{cp}} 2B \cos 2\varphi_1 \ll 1.$$

Поэтому угловые скорости валка и приводного шпинделя можно определить по формуле:

$$\omega_2 = \omega_1 = \omega_{cp} \left(1 - \frac{I_3}{2I_{cp}} \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha \cos 2\varphi_1 \right).$$

Используя материалы работ [1,9-11], коэффициент неравномерности вращения валов 1 и 2 можно принять равным:

$$\delta = \delta_1 = \delta_2 = \frac{\omega_{2\max} - \omega_{2\min}}{\omega_{сн}} = \frac{I_3}{I_{cp}} \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha. \quad (2)$$

При этом для расчета углового ускорения валов 1 и 2 можно использовать уравнение [9]:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon = \omega_1 \frac{d\omega_1}{d\varphi_1}.$$

Принимая во внимание, что в станах радиальной сдвиговой прокатки выполняется следующее условие [10]:

$$\frac{I_3}{2I_{cp}} B \sin 4\varphi_1 \ll 0,001,$$

угловое ускорение валов 1 и 2 можно рассчитать по формуле:

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon = \omega_{cp}^2 \frac{I_3}{I_{cp}} \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha \sin 2\varphi_1 = \omega_{cp}^2 \delta \sin 2\varphi_1. \quad (3)$$

Анализ литературных данных показал [1,9-11], что максимальную величину дополнительных динамических моментов на валу 1 и 2 можно найти соответственно по формулам:

$$M_{1ДЮП}^{\max} = \omega_{cp}^2 I_1 \frac{I_3}{I_{cp}} \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha = \omega_{cp}^2 I_1 \delta. \quad (4)$$

$$M_{2Доп}^{\max} = \omega_{cp}^2 I_{21} \frac{I_3}{I_{cp}} \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha = \omega_{cp}^2 I_2 \delta. \quad (5)$$

На основе вышеприведенных данных следует, что чем выше величина α и отношение I_3/I_{cp} , тем больше будет значения δ , ε , $M_{Доп}$. Из этого вытекает вывод, что при проектировании нового стана, минимальным необходимо выбирать значение момента инерции промежуточного вала I_3 и угла перекося в шарнирах.

По мнению авторов работ [1,9-12], необходимость учета инерционности звеньев привода связано с тем, что промежуточный вал универсального шпинделя всегда вращается неравномерно и степень воздействия этой неравномерности на ведущий и ведомый валы тем больше, чем больше момент инерции промежуточного вала по отношению к суммарному моменту инерции главной линии стана. Степень воздействия вышесказанной неравномерности на ведущий и ведомый валы также тем больше, чем больше углы перекося в шарнирах. Если $I_{cp} \gg I_3$, то $\delta \approx 0$, $\varepsilon \approx 0$, $M_{Доп} \approx 0$.

Анализируя материалы работ [9-12] можно прийти к выводу, что равенство передаточного отношения единице ($\alpha_1 = \alpha_2$; $\psi = \lambda$) в главной линии стана радиально-сдвиговой прокатки не приводит равномерному вращению валков. Вышеприведенные условия являются только необходимым, но недостаточными условиями.

Следует отметить, что для равномерного вращения валков, необходимо также выполнение условия [9-12]:

$$\frac{I_3}{2I_{cp}} \sin \alpha \operatorname{tg} \alpha \rightarrow 0.$$

Однако, в настоящее время используемой классической схеме станов РСП, где привод осуществляется через универсальные шпиндели, а изменение углов подачи валков – путем поворота барабанов, вышеприведенное условие невыполнимо. Это связано с изменением углов подачи в клетях и поэтому всегда выполняется следующие условия: $\alpha_1 \neq 0$ или $\alpha_2 \neq 0$.

На основе вышеотмеченного можно сделать вывод, что при осуществлении привода через универсальные шпиндели трудно вращать валки станом РСП без отсутствия циклической неравномерности. В работе [9] это доказано экспериментальными исследованиями на специальном стане.

Проанализировав материалы работ [9-12] можно сделать вывод, что использования в приводе РСС универсальных шпинделей приводит к неравномерным вращением валков. В связи с этим в приводе проектируемого стана необходимо использовать индивидуальный привод валков. Индивидуальный привод валков устраняет основной недостаток группового привода, как двойное замыкание кинематической цепи (через шестеренную клетку и прокатываемый металл). Двойное замыкание кинематической цепи может повлечь за собой статическую неопределенность контура. Это приводит к перераспределению моментов на валках и существенному превышению их по сравнению с расчетными значениями.

Заметим, что применение индивидуального привода значительно повышает надежность и долговечность оборудования, существенно снижает издержки эксплуатации. Это достигается за счет устранения сложной шестеренной клетки. При этом, из-за возможности выравнивания нагрузок на оба валка, в определенной степени стабилизируется и оптимизируется очаг деформации. Индивидуальный привод, как и групповой привод, не устраняет неравномерность вращения валков. Однако, используя мотор-редуктор с системой автоматического регулирования скорости прокатки можно сконструировать главную линию, имеющую наименьший коэффициент неравномерности вращения валков.

Необходимо отметить, что динамическая составляющая коэффициента неравномерности вращения, как это видно из формулы (2), в каждом случае определяется динамическими моментами инерции всех звеньев цепи главной линии привода и углами перекося в шарнирах пространственного шпинделя [9-12]. На основе этих данных можно сделать заключение, что при проектировании нового стана для рационального выбора параметров главной линии стана, углы перекося в шарнирах пространственного шпинделя должны изменяться в диапазоне $\pm 1,5^\circ$ с изменением углов подачи.

В работе [9] определено динамический коэффициент неравномерности вращения валков РСС при $\alpha = 15^\circ$ и отношении

$$\frac{I_3}{I_{cp}} = \frac{I_3}{I_1 + I_2 + I_3} = \frac{5}{1 + 4 + 5} = 0,5$$

$$\delta = \frac{I_3}{I_{cp}} \operatorname{tg} \alpha \sin \alpha = 0,5 \operatorname{tg} 15^\circ \sin 15^\circ = 0,04.$$

Из данного расчета видно, что окружная скорость валков РСС изменяется в течение оборота валков приблизительно на 4 %. Это не приводит к сложному протеканию процесса прокатки труб или прутков. Однако, является причиной возможности применения индивидуального привода при проектировании станов, в котором системой автоматического регулирования может создать более низкие синхронные изменения окружных скоростей на обоих валках.

В работе рассмотрена возможность создания шестеренной клетки в приводе прошивной оправки, устраняющий неравномерность вращения оправки, шум и вибрацию в данном приводе нового РСС.

Поэтому в работе ставился цель:

1. Определить влияния модифицированных зубьев колес на шум и вибрацию, варьирования пелюкса, скорости и нагрузки.
2. Выявить эффективность влияния профильной модификации зубьев колес на шум и вибрацию при варьировании зазора между зубьями, скорости и нагрузки.

Для определения уровня шума в зубчатых передачах с модифицированными зубьями колес был разработан и изготовлен специальный стенд с нагруженным замкнутым контуром. Стенд представляет конструкцию из двух частей: привода и установки для испытания зубчатых колес на шум.

Привод состоит из шестнадцати ступенчатой коробки скоростей, установленной на станине с тумбой и электродвигателя мощностью 7,5 кВт, расположенной в тумбе, которые связаны между собой клиноременной передачей. Крутящий момент с привода через вал и клиноременную передачу передается на ведущий вал редуктора.

Устройство для испытания зубчатых колес на шум состоит из редуктора, механизма испытания зубчатых колес и механизма нагружения, которые установлены на станине. Механизм испытания колес установлен на каретке и состоит из двух половин неподвижной и подвижной. Неподвижная часть представляет собой опору с валом и испытываемым колесом жестко закрепленном на каретке соосно с ведомым валом редуктора, соединенных муфтой. Вторая опора с валом и испытываемым колесом жестко установлена на столе каретки, которая может перемещаться вдоль поперечных направляющих с помощью винтовой пары и рукоятки. Нагрузка создается электромагнитным порошковым тормозом, связанным с ведомым валом с муфтой. Скорость вращения ведущего вала контролируется с помощью фотодатчика, частота пересопрежения контролируется с помощью электромагнитного датчика. Момент сопротивление создаваемый тормозом, оценивается по показанию индикаторной головки (отарариванной).

При статистических испытаниях нагружение замкнутого контура осуществлялось следующим образом: ведомый вал редуктора разъединяется с ведущим валом и жестко закрепляется с корпусом редуктора при помощи специального устройства. Нагружение производится с помощью рычага и винтового механизма по динамометру. Под действием создаваемого момента зубчатые колеса z_1 , z_2 и валы стараются повернуться, но, так как ведомый вал редуктора замкнут с корпусом и станиной, этот поворот может произойти лишь в пределах выбора зазора и упругой деформации зацепления. Зубья колес и прижимаются друг к другу и оказываются нагруженными соответствующими усилиями. После этого ведущий вал и ведомый вал редуктора замыкается, фиксируется и размыкается ведомый вал с корпусом, снимается нагрузка с рычага и убирается сам рычаг. Отчет циклов работы зубчатых колес производится по счетчику оборотов.

В качестве объекта исследования были выбраны среднескоростные дискового типа прямозубые пары средних размеров. При выборе основных параметров зубчатых колес для проведения исследований исходим из того, что примерно 80% из всех изготавливаемых зубчатых колес укладываются в диапазон модулей от 3 мм до 5 мм и диаметров не превышающих 200 мм, что соответствует проектируемым шестеренным клетям радиально-сдвигового стана.

Экспериментальные зубчатые колеса из стали 40Х, широко применяются в зубчатых передачах станов различной конструкции. Эти колеса изготовлены по 7 классу точности путем шлифования (черновая и чистовая) всех их поверхностей после упрочнения.

Испытываемые колеса разбили на шесть групп парных колес. Каждая группа имела пять пар колес с различной модификацией зубьев. Эти модификации зубьев характеризуются следующим образом:

- испытываемая пара колес А. Колеса имеют стандартный профиль зуба.
- испытываемая пара колес В. Колеса имеют профильную модификацию зубьев, полученные гидроабразивным способом.

При проведении экспериментов такое время испытаний разбивалось на два периода. Начальный период приработки при нагрузках вызывающих напряжения не более 0,6 допускаемых в период работы при заданных нагрузках и частотах вращения. Условия приработки были выбраны для всех образцов одинаковыми, учитывая, что их твердость составила HRC 45-50. Время приработки составило для каждой пары один час, что представляет 46000 циклов нагружения при моменте сопротивления 300 Н×м. и частоте вращения 800 об/мин.

Измерения шума зубчатых колес передач выполнялись в следующих режимах: число оборотов ведущего колеса n равнялся 280, 400, 560 800 об /мин. При каждом n применили следующие нагрузки M : 200, 400, 600 Н*м.

Снятие и исследование результатов экспериментов проводилось на собранном аналоговом комплексе.

Для измерения уровня шума использовался комплект акустической аппаратуры АК-12, в состав которого входят: точный импульсный шумомер 00017, оснащенный однодюймовым микрофоном с измерительным микрофонным усилителем М 102 и измерительным микрофонным капсулем МК102 и писофон РГ101 модели 00 003.

Микрофон устанавливается во всех случаях в одной и той же точке, в 100 мм от точки, соответствующей полюсу зацепления.

Шум колес анализировался с помощью узкополосного анализатора СК4-26 с полосой пропускания 1/3 октавы при работе передачи. Результаты спектрального анализа регистрировались графопостроителем типа Н-306. Для контролирования требуемого скоростного режима передачи использовался цифровой частотомер типа 43-33. При необходимости многократного воспроизведения сигналов шума их записывали на DVD-диск, а затем анализировался более точно.

Результаты и обсуждение

В работе измерили спектр шума профильномодифицированных и немодифицированных зубчатых колес на зубцовой частоте и её субгармонике и гармонике второго порядка. Как следует из сравнения спектров шума немодифицированных и модифицированных зубчатых колес применение профильной модификации в значительной степени снижает уровень силы звука на зубцовой частоте и её гармонике второго порядка (до 12 дБ), так же уменьшает уровень силы звука в субгармониках зубцовой частоты (до 5дБ).

Результаты исследования влияния параметров профильной модификации зубьев колес с высокой твердостью боковых поверхностей приведены ниже.

Серия экспериментов проводилась на зубчатых колесах имеющих профильную модификацию зубьев, полученных гидроабразивным способом. (испытываемая пара В). Из возможных комбинаций глубины модификации на головке и ножке зуба для передач $Z_1 = Z_2 = 57$, $m = 3,5$ мм, был выбран ряд, обеспечивающих постоянное увеличение глубины профильной модификации.

В результате проведенных исследований выявлена частотная характеристика шума зубчатой передачи с профильномодифицированными зубьями. Характерная частотная характеристика для передачи с суммарной глубиной модификации на входе пары зубьев в зацеплении 36 мкм получена при $n=560$ об/мин и $M = 200$ Н*м. При такой окружной скорости зубцовая частота передачи составила 465 Гц. Это значение попадает в граничные частоты активной полосы 500 Гц, составляющие $370 \div 730$ Гц. Анализ графиков показал, что интенсивность звукового давления значительно (на $10 \div 18$ дБ) возрастает в активной полосе, соответствующей зубцовой частоте и кратных ей (1 кГц, 2 кГц), затем значительно снижается. В силу логарифмического закона сложения интенсивности звукового давления общий уровень шума передачи определяется уровнем шума на среднегеометрических частотах октавных полос, соответствующих зубцовой частоте и кратных ей.

Сделан анализ характеристика фона, создаваемого испытательным стендом (привод, промежуточная опора, система смазки, тормоз) в точке измерения. Проверка по логарифмическому закону сложения интенсивностей звукового давления показала, что добавка к уровню шума испытываемой зубчатой передачи от фона составила не более 0,5 дБ, и это соответствует средней дисперсии эксперимента по результатам трех-пяти замеров в каждой точке.

Для средне геометрических частот октавных полос 500 Гц, 1 кГц и 2 кГц были построены графики зависимости уровня шума от глубины профильной модификации при различных нагрузках и скоростях вращения. Кривые проведены после расчета статических характеристик эксперимента и сглаживания функции заданной таблично в неравностоящих точках методом наименьших квадратов.

Без нагрузки, на всех частотах вращения, с увеличением глубины профильной модификации уровень шума в передаче растёт. Под нагрузкой с увеличением глубины профильной модификации уровень шума в начале уменьшается, а затем возрастает. Среднее снижение уровня шума за счет применения полной профильной модификации полученной гидроабразивным способом в рассматриваемых передачах 7 степени точности составило 3 дБ, что соответствует снижению интенсивности шума примерно в полтора раза из-за логарифмического сложения интенсивностей шума различных источников.

Анализ формы и расположения пятна контакта на боковой поверхности зуба колеса, показал, что при малой (недостаточной) глубине профильной модификации под нагрузкой возникает кромочный контакт ярко выраженный на головке зуба. При оптимальной глубине профильной модификации и близкой к ней, кромочный контакт под нагрузкой отсутствует, пятно контакта имеет правильную форму.

Выводы

1. Проведенные экспериментальные исследования по определению уровней шума зубчатых колес с модифицированными зубьями показали, что:

- для передач $7 \div 9$ степени использования на одном из сопрягаемом колесе продольно модифицированных зубьев дает значительное снижение концентрации нагрузки и уменьшение вибрации и шума $3 \div 5$ дБ;

- применение профильной модификации зубьев по всей высоте зуба, полученной гидроабразивным способом, позволило снизить уровень шума на $4 \div 6$ дБ.

- при отсутствии нагрузки, с увеличением глубины профильной модификации уровень шума возрастает.

- под нагрузкой, с увеличением профильной модификации уровень шума передачи вначале уменьшается, затем увеличивается.

2. Неравномерность вращения валков в станах РСП, возникающий из-за использования в приводе универсальных шпинделей, привело к применению индивидуального привода валков в проектируемом новом РСС.

3. Показано, что применение индивидуального привода значительно повышает надежность и долговечность оборудования, существенно снижает издержки эксплуатации. Это достигается за счет устранения сложной шестеренной клетки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Мальцев А.А. Основное оборудование прокатных станов. М.: Металлургия, 2010. – 368 с.
- [2] Панов Е.И. Создание универсального стана поперечно-винтовой прокатки и исследование технологических режимов его работы: Дисс. канд. техн. наук. – М.: Всероссийский институт легких сплавов, 2002. – 209 с.
- [3] Чаликов В.В. Исследование процесса винтовой прокатки тел вращения из высокопрочных алюминиевых сплавов на трехвалковых станах: Дисс. канд. техн. наук. – М.: МВТУ им. Баумана, 2006. – 230 с.
- [4] Галкин С. П. Траекторно-скоростные особенности радиально-сдвиговой и винтовой прокатки. «Современные проблемы металлургии» Днепропетровск. «Системні технології» - 2008, том 11, с. 26-33.
- [5] Вопросы теории радиально-сдвиговой прокатки сортового металла / С. П. Галкин, В. К. Михайлов, В. П. Романенко и др. // Производство проката, 2001. – № 7. – С. 23-28.
- [6] Харитонов Е. А. Внедрение технологии и оборудования для производства прутков ответственного назначения с применением станов радиально-сдвиговой прокатки / Е. А. Харитонов, В. В. Рождественский, Е. А. Скрябин, Л. Г. Курочкин // Производство проката, 2001. – № 7. – С. 28-32.
- [7] Конструкция станов радиально-сдвиговой прокатки / Б. А. Романцев, М. А. Минтоханов, Н. П. Рябихин и др. // Производство проката, 2001. – № 7. – С. 32-37.
- [8] Патент РК № 27722. Машеков С. А., Нугман Е.З., Алшынова А. М. и др. Устройство для непрерывного прессования пресс-изделия. Оpubл. 18.12.2013, бюл. №12. 3 с.: ил.
- [9] Тартаковский И.К. Развитие и создание нового поколения высокопроизводительных и надежных станов для производства горячекатаных бесшовных труб: автор. дисс. докт. техн. наук. – М.: Всероссийский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт металлургического машиностроения им. академика А.И. Целикова, 2009. - 58 с.
- [10] Тартаковский И.К. Некоторые вопросы проектирования станов для производства горячекатаных бесшовных труб // Производство проката. 2009, № 5. - С. 22-28 с.
- [11] Коваль Г.И. Современное оборудование прокатных цехов. Часть 1: Главные линии рабочих клеток прокатных станов. Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2008. – 349 с.
- [12] Официальный сайт акционерной холдинговой компании «ВНИИМЕТ-МАШ им. А.И. Целикова» [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <http://www.vniimetmash.ru/produktsiya> (дата посещения 20.07.2014).

УДК 621.396.933

D.Yeryomin, D.Zhaxygulova
(Institute of Space Technique and Technologies
E-mail: zhaxygulova@istt.kz)

THE MONITORING SYSTEM FOR THE FLIGHT TRAJECTORY OF SMALL CIVIL AIRCRAFT

Abstract: The article considers the system for monitoring the flight trajectory of small civil aircraft, which is necessary to improve the safety of flights in the airspace of the country and to control the activities of state and private owners of small aircraft. Necessity to determine the current position of the aircraft in space and the transfer of information to the control center in real time is described. The goals and tasks, subsystems and structure of the developed monitoring system for the flight trajectory of small civil aircraft are determined.

Key words: monitoring of flight trajectory, monitoring, small aircraft, global navigation satellite system, satellite communication.

Д.И. Еремин, Д.Г. Жаксыгулова
(ДТОО «Институт космической техники и технологий», г.Алматы, Казахстан
E-mail: zhaxygulova@istt.kz)

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТРАЕКТОРИИ ПОЛЕТА МАЛЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматривается система мониторинга траектории полета малых воздушных судов гражданского назначения, которая необходима для повышения безопасности полетов в воздушном пространстве страны и обеспечения контроля деятельности государственных и частных владельцев воздушных судов малой авиации. Описывается необходимость определения текущего местоположения воздушного судна в пространстве и передача информации в диспетчерский пункт в режиме реального времени. Определены цели и задачи, подсистемы и структура разрабатываемой системы мониторинга траектории полета малых воздушных судов гражданского назначения.

Ключевые слова: мониторинг полетной траектории, мониторинг, малое воздушное судно, глобальная навигационная спутниковая система, спутниковая связь.

Необходимость мониторинга воздушных объектов возникли с момента появления самих воздушных объектов и на начальных этапах решались с использованием таких инструментов, как радиосвязь, радиопеленгация, радиолокация и другие [1-2]. Необходимо отметить, что системы мониторинга воздушных судов (ВС) в первую очередь устанавливались на военные самолеты и самолеты гражданской авиации, остальные категории и виды авиации оснащались только системами связи. Несмотря на это можно привести множество примеров, когда воздушные суда, оснащенные множеством видов систем связи и навигации, исчезали с экранов радаров не успев передать сигналов бедствия и координат мест происшествия [3].

Разработка и широкое внедрение системы глобальной спутниковой навигации позволило экипажам воздушных судов с высокой точностью определять свои координаты в реальном режиме времени при любых погодных условиях. Однако существует проблема организации бесперебойных каналов передачи данных на наземные диспетчерские пункты, по которым навигационная информация будет непрерывно передаваться наземным диспетчерским службам в целях обеспечения безопасности полетов. Увеличивающаяся потребность в авиаперевозках требует постоянного совершенствования системы безопасности, сверхточного контроля перемещения воздушных судов и исключения ошибок, основанных на недопонимании пилота и диспетчера.

Длительное время занимает поиск воздушных средств, совершивших аварийную посадку вследствие авиакатастрофы. Данные инциденты связаны с невозможностью отслеживания траектории низколетящего воздушного судна посредством радара при его удалении от берега или в горной местности. Хотя в современных системах управления полетом в целях навигации используются приборы GPS, они дают знать местоположение самолета только экипажу, а вот авиадиспетчеры такой информации не получают. Использование новейших достижений в области передачи сигналов через низкоорбитальные мобильные спутниковые системы связи, позволяет построить информационные системы по мониторингу полетных траекторий воздушных судов на базе достоверных и непрерывных навигационных

данных с ГНСС в режиме реального времени, а также минимизировать время обнаружения места аварийной посадки (катастрофы) и сузить зоны поиска при возникновении нештатных ситуаций [4-5].

Казахстан, имея большую территорию и, соответственно, большую протяженность границ с сопредельными государствами имеет хорошо организованную систему противовоздушной обороны, оснащенную современными средствами радиолокации и слежения за военными воздушными судами и объектами гражданской авиации, которые оснащены новейшими средствами связи, радиопеленгации, ответчиками и т.д.

В настоящее время система наблюдения в Казахстане включает 48 радиолокационных комплексов различного назначения. Данные комплексы включают в себя первичные радиолокаторы, вторичные РЛС режима S и станции ADS-B.

Однако, существует категория малых воздушных судов гражданского назначения, которая не оснащена такого типа приборами, и количество которых увеличивается с каждым днем, включая повсеместное увеличение количества больших беспилотных летательных аппаратов весом более 10 кг, бесконтрольные полеты которых создают реальную угрозу безопасности людей, коммуникационных сооружений и безопасности воздушного движения в целом.

Появление на экранах военных радаров неопознанного объекта особенно в приграничных районах по существующему приказу приводит к приведению в боевую готовность и поднятию в воздух военной авиации с целью его идентификации с точки зрения военной угрозы. Взлет-посадка одного военного самолета с нахождением в воздухе 40 минут обходятся государству в 10 000 долларов США или 3 600 000 тенге. Внедрение системы мониторинга и обеспечение доступа к ней служб системы противовоздушной обороны (ПВО) позволит проводить идентификацию воздушных объектов без поднятия военной техники, что приведет к значительному сокращению расходования бюджетных средств на организацию боевых вылетов. Вторым важным аспектом является возможность полноценной реализации контрольных функций со стороны курирующих организации авиационной отрасли. Это выявление фактов несанкционированных полетов воздушных судов без приобретения лицензии на полеты, контроль налета часов воздушных судов, взимание штрафов в пользу государства, возможность осуществления технического контроля за парком малой авиации.

Для решения вышеуказанных проблем разрабатывается система мониторинга полета траектории малых воздушных судов гражданского назначения. Целями разрабатываемой системы мониторинга полета траектории малых воздушных судов гражданского назначения являются следующие:

- Мониторинг полетной траектории воздушных судов в режиме реального времени;
- Повышение безопасности полетов в воздушном пространстве Республики Казахстан;
- Минимизация времени обнаружения места аварийной посадки и сузить зоны поиска при возникновении нештатных ситуаций;
- Удаленная идентификация воздушных объектов в диспетчерском центре;
- Выявление фактов несанкционированных полетов воздушных судов;
- Обеспечение контроля деятельности государственных и частных владельцев воздушных судов малой авиации.

Система мониторинга траектории полета малых воздушных судов должна выполнять следующие задачи:

- Измерение высоты воздушного судна;
- Формировать список терминалов в соответствии с доступом пользователя;
- Формировать показания датчиков терминала;
- Идентификация ВС по id терминала;
- Строить маршрут перемещения объекта, согласно информации из базы данных;
- Отображать на карте приближающиеся ВС к пунктам наблюдения;
- Отображать налет часов ВС;
- Генерирование отчетов в соответствии с критериями запроса.

Система мониторинга состоит из 3-х подсистем, такие как терминал сбора и передачи данных, центр обработки данных и диспетчерский центр. Терминал сбора и передачи данных фиксирует и измеряет изменение высоты ВС с использованием датчиков высоты, автоматизированный сбор навигационных данных с использованием глобальной навигационной спутниковой системы GPS и передачу данных с использованием спутниковых систем связи Iridium, в случае отсутствия мобильной сотовой связи GPRS (рисунок 1).

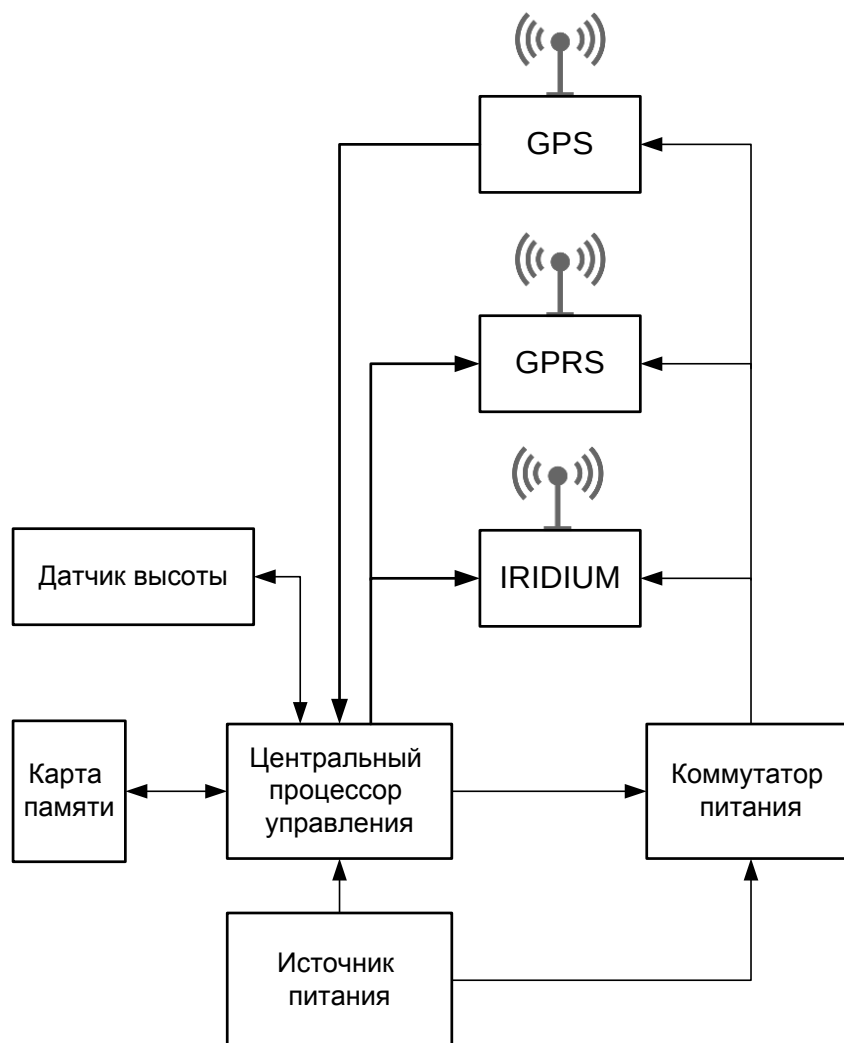


Рисунок 1 – Терминал сбора и передачи данных системы мониторинга полетной траектории малых воздушных судов гражданского назначения

Центр обработки данных должен обеспечивать непрерывный и параллельный во времени прием данных о состоянии объектов наблюдения с терминала сбора и передачи данных и предоставление обработанных данных в диспетчерский центр, архивирование данных и удаление с архива устаревших данных.

Диспетчерский центр предназначен для обеспечения визуального отображения текущих данных о состоянии объектов наблюдения диспетчеру, включая авторизацию пользователя, формирования и предоставления информации в соответствии с доступом пользователя, отображение на карте местоположения и маршрут перемещения ВС, формирование отчетов и их экспортирование в удобные для пользователя форматы, управление конфигурацией режимов работы объектов автоматизации.

Разрабатываемая система мониторинга обеспечивает передачу оперативной информации о местоположении воздушного объекта. Полученная информация, отображенная на электронной карте диспетчера, будет использована для принятия оперативных мер, обеспечивающих безопасность полетов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] 1 Сарайский Ю.Н., Алешков И.И. Аэронавигация. Часть I. Основы навигации и применение геотехнических средств: Учебное пособие.-СПб:СПбГУГА, 2010
- [2] 2 Кирпичев И.Г., Черников П.Е. Информационные технологии в авиации // Журнал «Авиасоюз». – 2010, февраль-март.
- [3] 3 Микрюков В.Ю. Безопасность жизнедеятельности. Ростов-на-Дону, Феникс, 2007, 346 с.

[4] Кацура А.В., Акзигитов А.Р., Андронов А.С. Разработка бортового устройства спутникового мониторинга воздушных судов // Вестник сибирского государственного аэрокосмического университета им. М.Ф. Решетнева. - 2016 – Т. 17, №1. - С. 125-130.

[5] Кирпичев И.Г., Петров Д.В. Перспективы развития средств информатизации и мониторинга процессов сопровождения технической эксплуатации авиационной техники в задачах государственного контроля летной годности воздушных судов гражданской авиации // Научный вестник МГТУ ГА. – 2012 - №175. – С. 13-17.

Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г.

Азаматтық мақсаттағы шағын әуе кемелерінің ұшу траекториясын бақылау жүйесі

Түйіндеме. Бұл мақалада еліміздің әуе кеңістігінде рейстердің қауіпсіздігін арттыру және шағын әуе кемелерінің мемлекеттік және жеке меншік иелерінің қызметін бақылау үшін қажет шағын азаматтық әуе кемелерінің ұшу траекториясына мониторинг жүргізу жүйесі қарастырылған. Ғарышта әуе кемесінің қазіргі жағдайын анықтау және нақты уақыт режимінде басқару орталығына ақпарат беру қажеттілігі сипатталған. Шағын азаматтық әуе кемелерінің ұшу траекториясына арналған мониторинг жүйесінің мақсаттары мен міндеттері, шағын жүйелері және құрылымы анықталды.

Кілттік сөздер: ұшу траекториясының мониторингі, мониторинг, шағын ұшақтар, ғаламдық навигациялық спутниктік жүйе, спутниктік байланыс

УДК: 504.064.36, 621.396.946

D. Akhmedov, D. Yeryomin, D. Zhaxygulova

(Institute of Space Technique and Technologies

E-mail: zhaxygulova@istt.kz)

MONITORING SYSTEM OF MORAINÉ LAKES USING SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS

Abstract: The article describes the high risk of the country's exposure to natural disasters, namely the high likelihood of mudflows. The causes of occurrence and ongoing measures to prevent and prevent mudflows, the most risky periods and areas in Kazakhstan are identified. Subsystems and tasks of the monitored monitoring system of moraine lakes are described. The monitoring system of moraine lakes performs almost continuous monitoring of the state of mudflow dangerous objects and alerting the responsible persons about mudflow hazard in real time.

Key words: monitoring of moraine lakes, moraine lakes, sulphurous objects, mudflow, sensors.

Д. Ш. Ахмедов, Д. И. Еремин, Д. Г. Жаксыгулова

(ДТОО «Институт космической техники и технологий», Алматы, Казахстан

E-mail: zhaxygulova@istt.kz)

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ МОРЕННЫХ ОЗЕР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ

Аннотация. В статье описывается высокий риск подверженности территории страны природным стихийным бедствиям, а именно высокая вероятность возникновения селевых потоков. Выявлены причины возникновения и проводимые мероприятия по предупреждению и предотвращению селей, наиболее селеопасные периоды и районы на территории Казахстана. Описаны подсистемы и задачи разрабатываемой системы мониторинга моренных озер. Система мониторинга моренных озер выполняет практически непрерывный мониторинг состояния селеопасных объектов и оповещения ответственных лиц о селевой опасности в режиме реального времени.

Ключевые слова: мониторинг моренных озер, моренные озера, селеопасные объекты, сель, датчики.

Чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера наносят огромные социально-экономические и экологические ущербы, препятствуя устойчивому развитию страны. Стихийные бедствия, аварии и катастрофы неизбежны, однако их негативное воздействие может быть существенно уменьшено на основе заблаговременного проведения предупредительных мероприятий. Оценка риска чрезвычайных ситуаций является важным и обязательным действием по предупреждению и снижению рисков чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. По своему географическому положению, природно-климатическим условиям страна подвержена различным чрезвычайным ситуациям природного характера. Карта риска подверженности территории Казахстана природным стихийным бедствиям представлена на рисунке 1.

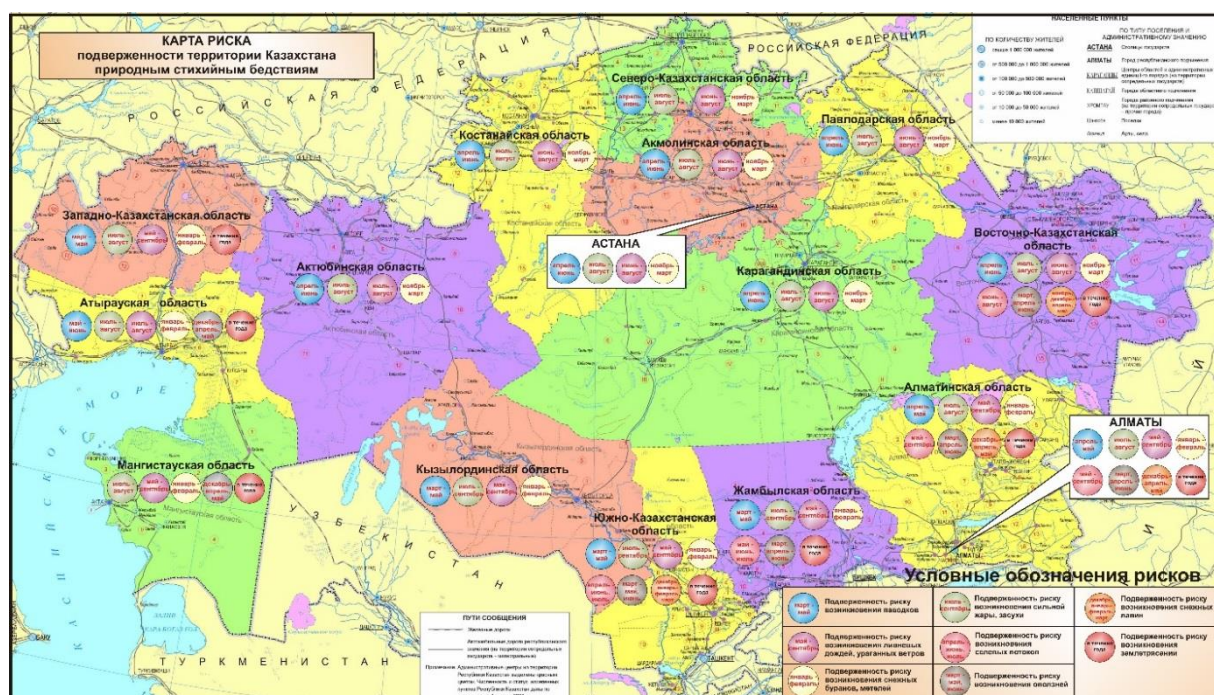


Рис. 1. Карта риска подверженности территории Казахстана природным стихийным бедствиям

Селевые потоки по распространенности, повторяемости и разрушительному воздействию являются наиболее значительными среди опасных природных явлений Республики Казахстан. Под угрозой селевых потоков находятся большое количество населенных пунктов, в том числе Алматы, Есик, Талгар, Каскелен, Сарканд, Жаркент, Текели, Мерке, Шымкент и др., а также значительные площади ценных земельных угодий и хозяйственные объекты в Алматинской, Жамбылской, Восточно-Казахстанской и Южно-Казахстанской областях. Наиболее подверженными воздействию селевых потоков являются горные и предгорные территории Алматинской области. Так, из суммарной площади в 13 км² селеопасных зон Казахстана на Алматинскую область приходится свыше 11 тыс. км².

Всего на территории республики выявлено свыше 5600 очагов формирования селевых потоков, из них 1226 непосредственно угрожают населенным пунктам, коммуникациям и сельхозугодиям. Остальные очаги расположены в труднодоступных или малонаселенных местах и прямая угроза от их воздействия может возникнуть при интенсивном освоении вышеуказанных территорий.

Сель является стихийным (особо опасным) гидрологическим явлением. Селевой поток угрожает железным и автомобильным дорогам, оросительным системам и другим важным объектам экономики. Селевые потоки представляют большую опасность для населенных пунктов, расположенных в полосе их действия. Каждому горному району свойственна определенная статистика причин возникновения селей. Так, в Заилийском Алатау все наблюдавшиеся большие и огромные сели вызваны прорывом моренных и завальных озер, ливневыми осадками, охватившими большую территорию.

Причины возникновения селя:

- Прорыв моренных озер и водоемов;
- Длительные и обильные дожди;
- Интенсивное таяние снега или ледников;
- Землетрясения и извержения вулканов;
- Глобальное потепление;
- Вырубка лесов;
- Деградация почвенного покрова на горных склонах: взрывы горных пород при прокладке дорог, работы в карьерах, неправильная организация отвалов.

Сель несет в себе миллионы кубических метров вязкой массы. Он возникает внезапно, движется с большой скоростью (до 10 м/с и даже более) и проходит чаще всего несколькими волнами за время от десятков минут до нескольких часов. Обычно места, где могут сходить селевые потоки, известны. В отличие от обычных потоков, сель движется отдельными волнами. Первая селевая волна может быть высотой до 15 м и более.

Службой чрезвычайных ситуаций предлагается проводить следующие мероприятия по предупреждению селей:

- Укрепление противоселевых дамб и плотин;
- Сооружение обводных каналов;
- Снижение уровня моренных озер;
- Укрепление земли на склонах путем посадки деревьев;
- Мониторинг, организация системы оповещения и планирование эвакуации.

Мониторинг селевой опасности горных районов Казахстана является чрезвычайно актуальной задачей, поскольку по количеству селевых явлений, частоте и масштабам катастрофических последствий, вызванных селями, Казахстан лидирует среди других стран Центральной Азии и СНГ [1]. Наиболее селеопасными районами на территории Казахстана являются северный склон Заилийского Алатау, Жетысуский, Кунгей, Терскей и Киргизский Алатау. По данным МЧС РК [2] в зоне опасного влияния объектов хозяйствования расположено 2700 ледников, 596 моренных и ледниковых озер, 5650 селевых очагов, около 800 очагов лавинообразования, более 174 оползнеопасных участков, на селе-, лавино- и оползнеопасных участках г. Алматы, Алматинской, Восточно-Казахстанской, Жамбылской и Южно-Казахстанской областей, которые являются наиболее освоенными и густонаселенными районами, где проживает более 6 млн. человек. По имеющимся данным [3], за период наблюдений, начиная с середины XIX века, в горных и предгорных регионах республики отмечено более 700 крупных селевых потоков различного происхождения.

Особую озабоченность и тревогу вызывает южная столица Республики – город Алматы, расположенный на конусах селевых выносов горных рек Малая и Большая Алматинка. Глубина валунно-галечниковых отложений под городом составляет несколько сот метров, что говорит о многочисленности селевых явлений в различные исторические периоды. Примеры селевых потоков в недавнем прошлом также свидетельствуют об этом; наиболее мощные из них – Иссыкский сель 1963 года, Малоалматинский сель 1973 года, причиной которого стал прорыв естественной перемычки моренного озера № 2 на леднике Туяксу [4].

Селеопасный период в горах близ Алматы в последние годы длится практически круглый год, так как сель может возникнуть внезапно, сразу после землетрясения, усугубляя опасность и внезапность возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС). Около 40 моренных озёр находятся под пристальным контролем специалистов и особое беспокойство вызывают 17 из них.

В целях обеспечения защиты населения, хозяйственных объектов и территории страны от селевых потоков застроены плотины и противоселевые барьеры, диспетчерские посты и регулярно производятся аэровизуальные обследования. Однако эти мероприятия недостаточны в селеопасные периоды, т.к. скорость селевого потока достигает 10-15 м/с, а высота достигает до 10 м. Прогнозирование и предупреждение катастрофических паводков и селей усложняется несвоевременным информированием о чрезвычайных природных событиях и влияющих на них факторах. Накопление необходимого объема данных измерений параметров окружающей среды, предшествующих возникновению катастрофических природных явлений, позволит в будущем определить их причину и заранее спрогнозировать подобные природные явления. Например, мониторинг уровня горных (завальных, ледниковых, моренных) озер позволит вычислить время перелива и принять превентивные меры.

Для решения вышеописанных проблем разрабатывается система мониторинга состояния моренных озер с возможностью практически непрерывного мониторинга и оповещения о селевой опасности в режиме реального времени. Существующая потребность в отслеживании поведения и состояния этих объектов для исключения селевых потоков либо минимизации их последствий осложняется отсутствием наземных и сотовых систем связи и отсутствием источника питания в горных местностях страны. Будет производиться сбор и передача информации о текущем состоянии мореного озера по следующим характеристикам: температура воды, температура воздуха, уровень воды, мутность воды и скорость истока.

Система мониторинга состояния моренных озер предназначена для автоматизации следующих процессов:

- Измерение параметров наблюдаемого объекта с использованием датчиков;
- Сбор данных с датчиков;
- Передача данных с использованием сотовой или спутниковой систем связи;
- Прием, обработка и архивирование данных;
- Выдача информации пользователям.

Система мониторинга состояния моренных озёр состоит из следующих подсистем:

- Терминал сбора и передачи данных, который в свою очередь состоит из 2-х частей: базовый модуль и периферийный модуль;
- Центр обработки данных;
- Диспетчерский центр.

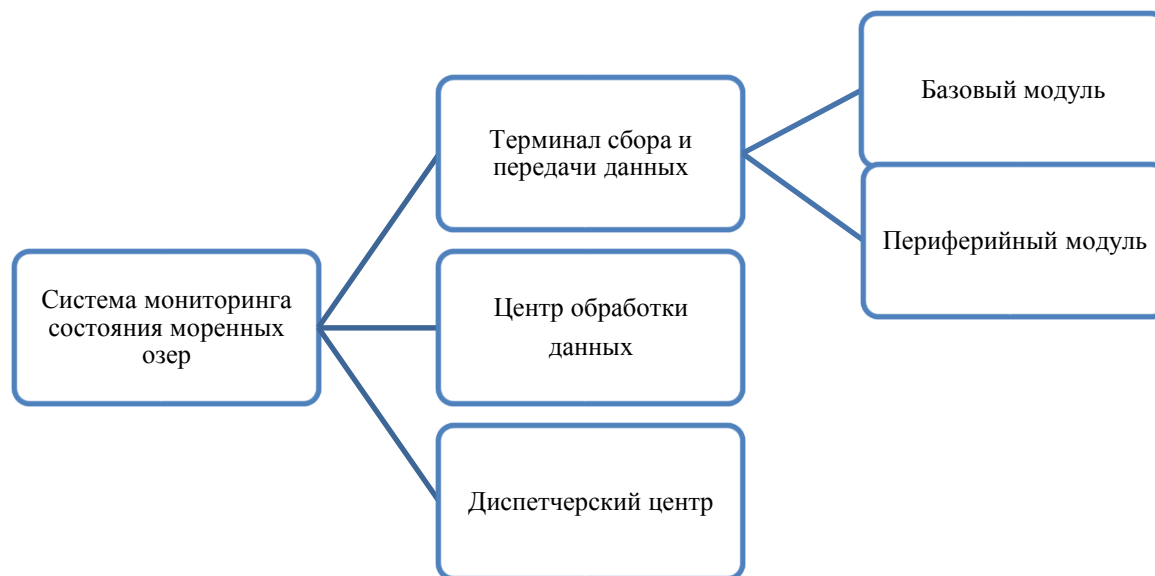


Рис. 2. Структура системы мониторинга состояния моренных озёр

Терминал должен обеспечивать измерение параметров наблюдаемого объекта с использованием датчиков подключенных к периферийному модулю, автоматизированный сбор данных с датчиков в базовом модуле, и передачу данных с использованием спутниковых систем связи, в случае отсутствия мобильной сотовой связи, в центр обработки данных.

Центр обработки данных должен обеспечивать непрерывный и параллельный во времени прием данных о состоянии объектов наблюдения с терминала сбора и передачи данных; архивирование полученных данных; обработка данных; удаление с архива устаревших данных.

Диспетчерский центр должен обеспечивать визуальное отображение текущих данных о состоянии объектов наблюдения, карта местоположения терминалов, график показаний датчиков мониторинга, экспорт данных в табличный (Excel) и текстовый (PDF, Word) файлы.

Разрабатываемая система мониторинга моренных озёр обеспечивает практически непрерывный мониторинг состояния селеопасного мореного озера и оповещение ответственных лиц в режиме реального времени. Существующая потребность в отслеживании поведения и состояния этих объектов для исключения селевых потоков либо минимизации их последствий обеспечивается внедрением системы мониторинга моренных озёр.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Замай В.И. Проблемы мониторинга селевой опасности горных районов Казахстана [Электронный ресурс]. – Режим доступа: –<http://xn----ptbgks9a.kz/opasnosti/sel/item/305-v-i-zamaj-problemy-monitoringa-selevoj-opasnosti-gornyykh-rajonov-kazakhstana> - Дата доступа 05.01.2017
- [2] Материалы из «Плана подготовленности Казахстана к природным катастрофам» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <http://xn----ptbgks9a.kz/opasnosti/obshchie-svedeniya/item/10-materialy-iz-plana-podgotovlennosti-kazakhstana-k-prirodnym-katastrofam> – Дата доступа 05.01.2017
- [3] Снижение риска бедствий в ЦА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – http://www.unisdr.org/files/12803_DRRinCAIrus.pdf – Дата доступа 05.01.2017
- [4] Микрюков В.Ю. Безопасность жизнедеятельности. Ростов-на-Дону, Феникс, 2007, 346 с.

Ахмедов Д. Ш., Еремін Д. И., Жаксыгулова Д. Г.

Ғарыштық байланыс технологияларын пайдалана отырып, морена көлдерінің күйін мониторингтеу жүйесі

Түйіндемесі. Мақалада елдің табиғи апаттарға ұшырау деңгейінің жоғары қауіптілігі, атап айтқанда, сел тасқынының жоғары ықтималдығы сипатталады. Қазақстан аумағында сел тасқындарына ең қауіпті аймақтар мен кезеңдер, селдерді болдырмау және алдын-алу мақсатында ұйымдастырылатын шаралар мен пайда болу себептері анықталды. Өзірленіп жатқан морена көлдеріне мониторингтеу жүйесінің міндеттері және кіші жүйелері сипатталған. Морена көлдердің мониторингтеу жүйесі сел ағыны қауіпті объектілердің жай-күйіне үздіксіз мониторинг жүргізіп, нақты уақыт режимінде сел қаупі туралы жауапты тұлғаларды хабардар етеді.

Кілттік сөздер: морена көлдерін мониторингтеу, морена көлдері, сел қауіпті объектілер, сел, датчиктер

UDK 004.4

¹Ye. N. Amirgaliyev, ²Sh. Shamiluulu, ²A. Serek, ³B. Kalybekuulu

(¹Institute of Information and Computing Technologies (IICT), Almaty

²Suleyman Demirel University, Kazakhstan

³Institute of Automatic and Information Technologies, Kyrgyzstan, Bishkek

amir_ed@mail.ru, shahriar.shamiluulu@sdu.edu.kz, 140107073@stu.sdu.edu.kz

yky1980@mail.ru)

ON SOME RESULTS OF THE APPLICATION OF THE METHOD OF MACHINE LEARNING FOR IMAGE PROCESSING

Abstract. Currently, there are many people in the world suffering from chronic kidney diseases worldwide. Due to the several risk factors like food, environment and living standards many people get diseases suddenly without understanding of their condition. Diagnosing of chronic kidney diseases is generally invasive, costly, time-consuming and often risky. That is why many patients reach late stages of it without treatment, especially in those countries where resources are limited. Therefore, the early diagnosis remains vital, early detection strategy, particularly in developing countries, where the disease is diagnosed in late stages. Finding a solution for above-mentioned problems and riding out from disadvantages became a strong motive to conduct this study.

In this research study, the effects of using clinical features to classify patients with chronic kidney disease by using support vector machines algorithm is investigated. The chronic kidney disease dataset is based on clinical history, physical examinations, and laboratory tests. Experimental results showed over 93% of success rate in classifying the patients with kidney diseases based on three performance metrics i.e., accuracy, sensitivity and specificity.

Keywords: Chronic Kidney Diseases, Support Vector Machine, Diagnosis, Biomedical Engineering.

1. Introduction

Chronic Kidney Disease (CKD) is one of the types of kidney disease, which results in a gradual loss of kidney function. This phenomenon can be observed over a period of months or years due to several living conditions of patients [5]. The CKD is also called a chronic kidney failure where according current medical statistics the 10% of the population worldwide is affected by CKD [1-2]. In the year 2005, there were approximately 58 million deaths worldwide, with 35 million attributed to chronic disease, according to the World Health Organization. In people aged 65 through 74 worldwide, it is estimated that one in five men, and one in four women, have CKD. According the 2010 Global Burden of Disease study, chronic kidney disease was ranked 27th in the list of causes of total number of deaths worldwide in 1990, but rose to 18th in 2010. This degree of movement up the list was second only to that for HIV and AIDs [2].

Diagnosing CDK usually starts with clinical data, lab tests, imaging studies and finally biopsy. Although biopsy is the standard diagnosing test, it has many disadvantages, such as being invasive, costly, time-consuming and sometimes risky. For example; when a biopsy is performed, the patient may face infection, the scare of surgery and misdiagnosis. Imaging studies (mammogram, sonogram, and MRI of the kidney) has been used for many years to detect the disease. But using them has some limitation; more expressly is exposure effects of radiation. Besides being risky, the data provided by imaging is insufficient to diagnose CDK [2].

The automated diagnosis of different diseases has attracted many researchers. Comparison of the methods and accuracy of previous studies including this study has been summarized herein. There are several research studies has been conducted so far [3-6].

In this study [3] the authors by using three supervised machine learning algorithms i.e., Decision trees (DT), Logical Regression (LR) and Artificial Neural Networks (ANN) performed classification for Kidney dialysis data. In order to perform the classification they used a tool named Tanagra. During the classification process, the 10-fold cross validation is used to evaluate the classifiers. Their experimental results showed that ANN outperformed by 93.8% remaining algorithms.

In another study [4], the researchers tried to predict the Long Term Kidney Transplantation Outcome. They have performed comparative analysis between an ANN and LR algorithms. The comparative analysis has been done based on performance metrics i.e., accuracy, sensitivity and specificity. During the study ten training and validating datasets of kidney transplant recipients for the prediction of kidney rejection. The experimental results showed ANNs can be considered a useful supportive algorithm in the prediction of kidney rejection following transplantation. In summary, the ability of predicting kidney rejection (sensitivity) was 38% for LR versus 62% for ANN. The ability of predicting no-rejection (specificity) was 68% for LR compared to 85% of ANN.

In one more research study [5], the researchers developed a software tool that demonstrates the capabilities of ANN for classification of patients' health status which potentially leading to End Stage of Kidney Disease (ESKD). The classifier is based on an ensemble of ten ANN networks. It has been trained by using data collected in a period of 38 years at University of Bari. The tool has been improved and made derivable both as a mobile application and as a web application. The tool is important for clinical needs based on the largest cohort worldwide.

In another study [6], the authors have used various data preprocessing, data transformations, and data mining approaches to understand the insides that is related to the interaction between various clinical parameters and patient survival, which are on kidney dialysis. Two different data mining algorithms were applied for extracting knowledge in the form of decision rules. Later the extracted rules were used by a decision-making algorithm, which predicts survival of new unseen patients. Important parameters identified by data mining were interpreted for their medical significance. They have introduced a concept in their research work have been applied and tested using collected data at four dialysis sites. The approach presented in their paper reduces the cost and effort of selecting patients for clinical studies. Patients can be chosen based on the prediction results and the most important parameters discovered.

During the literature review, we have identified that there are less studies performed in CKD by using SVMs. But there are several studies where SVM has been used abundantly. For instance in these studies researchers used SVMs [7-9] as a classification model for detecting and diagnosing malignant and benign tumors based on MRI features, ultrasound feature and mammographic features. This result let us try to create and test SVM classifier over CDK dataset.

In this study, by using the machine learning techniques, we have used cheap, simple and noninvasive tests that can be performed easily. The data has been obtained from dataset was obtained from UCI machine learning repository for CDK patients [13] the details are provided further. By this strategy, we hope to produce "downstaging" (increasing in the proportion of CDK detected at an early stage) of the disease to stages that are more amenable to curative treatment.

In order to improve the accuracy of CDK classification as positive and negative, the performance of Support Vector Machine (SVM) was evaluated. The SVM is a flexible classifier algorithm that has been proposed as an effective statistical learning method for pattern recognition [7, 8], which is based on finding optimal hyperplane to separate different classes mapping input data into higher-dimensional feature space. The SVM has been used for many applications such as object recognition and face detection [11].

2. Materials And Methods

Data Collection.

The chronic kidney disease dataset has been obtained from UCI machine learning repository [13]. In total it contains 400 cases, out of which 250 of the cases are patients with CDK and the rest 150 are not. The target variable indicates whether a patient has a CDK or not. There are 25 attributes where 24 are clinical features and remaining is a target attribute. The features are divided into three parts clinical history, physical examination and lab tests. According to the properties of the attributes, the target attribute was classified into negative (expressed by "no disease") and positive (expressed by "presence of disease").

Support Vector Machine (SVM).

The SVM is a supervised learning algorithm that is used for data classification and regression [11]. It searches for a best hyperplane which separate between classes. The best hyperplane is considered the one that leaves the maximum margin between the two classes. The margin is defined as the width of the hyperplane

from the closest point of the two classes. Bounds between data sets and hyperplane are called support vectors [8,9]. The hyperplane can be found by:

$$g(x) = w^T x + b \quad (1)$$

- “ x ” : refers data points
- “ w ” : is a coefficient vector
- “ b ” : is offset from the origin

In the case of linear SVM $g(x) \geq 0$ for the closest point on the one of the class, $g(x) < 0$ for the closest point belongs to another class. The margin between support vectors is defined by:

$$d = \frac{2}{||w||} \quad 2$$

For better separation, the margin d should be maximized. The data points which are called support vectors are the only ones which are relevant for the solution of the problem. All remaining data points could be deleted from the data set and the same solution can be obtained.

Performance Measures.

Evaluation of the classifier to measure the quality is commonly evaluated using the data in the confusion matrix. Several standard measures have been defined for correct and incorrect classification results of the matrix. The most common practical measure to evaluate the performance is accuracy, which is defined as the proportion of the total number of instances that were classified correctly.

Sensitivity is the mean proportion of actual positives which are correctly identified. Specificity is the mean proportion of negatives which are correctly identified.

These performance metrics are calculated according to the data in the confusion matrix which are mentioned in [12].

Simulated Program.

The experimental studies mainly has been done by using the Python and scikit-learn machine learning library framework has been used in this study that contains a large number of algorithms for data preprocessing, feature selection, classification, clustering, and finding the associative rules [12]. Meanwhile we have also used machine learning tools like WEKA.

3. Result and Discussion

In this study, the 25 original features of the CDK data are used for classification. The accuracy, sensitivity, specificity of 25 features has been performed using 10-fold cross-validation. To construct the SVM classifier proper kernel function and its parameters has been chosen. Generally Sequential minimal optimization (SMO) is used for training SVMs, which is implemented by the popular application to find proper hyperplane for SVMs [11, 12]. Such implementation replaces all missing values and transforms nominal features into binary ones.

In the present study, the accuracy evaluation of SVM has been computed for linear, where the complexity parameter is set to 1.0.

SVM have been tested and trained to find out maximum accuracy adjusting their parameter. The performance measures such as accuracy, sensitivity, specificity of the classifiers are compared to each other. The parameters of the classifiers which provide maximum accuracy are selected to be compared to the other classifiers.

10-fold cross validation with 25 features used to compare the performances of the classifier. In input data of the classifier, and the test data are compared to the original class label to find out TP, TN, FP, and FN values. These values for classifiers are provided in the form of confusion matrix in Table 1.

Sensitivity refers successfully identified positive samples in cancer classification. Thus, higher sensitivity means the higher diagnostic capability of CDK patients and it can be used to help physicians to diagnose disease more correctly. The accuracy, sensitivity and specificity measures in this study are given in Table 2 to compare the effect of the feature using pattern recognition tools.

Table 1. **The confusion matrices of the classifier**

Actual Value	Expected Value	
	Positive	Negative
Positive	TP = 234	FN = 16
Negative	FP = 8	TN = 142

Table 2. **Support Vector Machine with Linear Kernel**

Total Number of Folds	Accuracy (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Complexity Parameter (C)
2	94.602	93.600	94.700	1.0
3	94.631	93.600	94.700	1.0
4	94.602	93.600	94.700	1.0
5	94.602	93.600	94.700	1.0
6	94.117	93.100	94.200	1.0
7	94.117	93.100	94.200	1.0
8	94.631	93.600	94.700	1.0
9	94.117	93.100	94.200	1.0
10	94.602	93.600	94.700	1.0

Conclusion

The diagnosis of the CDK is a cumbersome problem. In the war zone the diagnosis process by using lab tests, imaging studies and biopsy might be a time-consuming, invasive, and costly. In this study, we propose automatic classification algorithm for kidney disease diagnosis based on clinical history, physical examinations, and laboratory tests, which are noninvasive, cheap and save. The performance measures of SVM classifier with linear kernels have been evaluated in order to find the best scores for sensitivity, specificity, and accuracy metrics. Experimental results showed that properly implemented classifier can reach the overall performance of 94.602%. The sensitivity value of SVM classifier with a linear kernel is 93.100%. Such computational studies are going to be vital for benefitting well being of people and trying to identify diseases at early stages. In the future more compact and autonomous tools can be developed that could be used as a screening and also diagnosing mechanism as compare to other mentioned medical methods.

Acknowledgment

The authors thanks, Institute of Information and Computing Technologies in Almaty and Faculty of Engineering and Natural Sciences for providing needed resources for conducting this research study.

REFERENCES

- [1] A. S. Levey, R. Atkins, and J. Coresh, "Chronic kidney disease as a global public health problem: approaches and initiatives - a position statement from Kidney Disease Improving Global Outcomes", *Kidney International*, vol. 72 no.3, pp. 247-259, Aug 2007.
- [2] V. Jha, G. Garcia, and K. Iseki, "Chronic kidney disease: global dimension and perspectives", *Lancet*, vol. 382 no. 9888, pp. 260-272, Jul 2013.
- [3] K.R Lakshmi, Y. Nagesh, and M. VeeraKrishna, "Performance Comparison of Three Data Mining Techniques for Predicting Kidney Dialysis Survivability", *International Journal of Advances in Engineering and Technology*, vol.7, no.1, pp. 242-254, March 2014.
- [4] G. Caocci, R. Baccoli, R. Littera, S. Orrù, C. Carcassi and G. La Nasa, "Comparison Between an Artificial Neural Network and Logistic Regression in Predicting Long Term Kidney Transplantation Outcome", *Artificial Neural Networks Kenji Suzuki*, IntechOpen, DOI: 10.5772/53104, 2013.
- [5] T. Di Noia, V. C. Ostuni, F. Pesce, G. Binetti, D. Naso, F. P. Schena, and E. Di Sciascio. "An end stage kidney disease predictor based on an artificial neural networks ensemble", *Expert Systems with Applications*, vol. 40, pp. 4438-4445, 2013
- [6] A. Kusiak, B. Dixonb, and Sh. Shaha, "Predicting survival time for kidney dialysis patients: a data mining approach", *Computers in Biology and Medicine*, vol. 35, pp. 311-327, 2005

- [7] J. Levman, T. Leung, P. Causer, D. Plewes, and A. L. Martel, "Classification of dynamic contrast-enhanced magnetic resonance breast lesions by support vector machines," *Medical Imaging, IEEE Transactions on*, vol. 27, pp. 688-696, 2008.
- [8] N. H. Sweilam, A. Tharwat, and N. A. Moniem, "Support vector machine for diagnosis cancer disease: A comparative study," *Egyptian Informatics Journal*, vol. 11, pp. 81-92, 2010.
- [9] E. Gumus, N. Kilic, A. Sertbas, and O. N. Ucan, "Evaluation of face recognition techniques using PCA, wavelets and SVM," *Expert Systems with Applications*, vol. 37, pp. 6404-6408, 2010.
- [10] V. Vapnik, "The nature of statistical learning theory" Springer Science and Business Media, 2013.
- [11] C.C. Chang and C.J. Lin, "LIBSVM: a library for support vector machines," *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST)*, vol. 2, pp. 27, 2011.
- [12] K. Tufan, "Noninvasive diagnosis of atherosclerosis by using empirical mode decomposition, singular spectral analysis, and support vector machines," *Biomedical Research*, vol. 24, pp. 303-313, 2013.
- [13] Soundarapandian P. (2015). UCI Machine Learning Repository[https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/chronic_kidney_disease]. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science.

Амиргалиев Е. Н., Шамиль-уулу Ш., Серек А., Калибек-уулу Б.

Некоторые результаты применения метода машинного обучения для обработки изображения

Резюме. В настоящее время во всем мире много людей, страдающих хроническим заболеванием почек. Из-за нескольких факторов, таких как питание, окружающая среда и уровень жизни многие люди внезапно заболевают. Процедура диагностики хронических заболеваний почек как правило инвазивна, дорогостоящая, трудоемкая и зачастую рискованная. Вот почему многие пациенты доходят до поздних этапов заболевания без лечения, особенно в странах с ограниченными ресурсами. Поэтому ранний диагноз остается жизненно важным, особенно в развивающихся странах, где заболевание диагностировано на позднем этапе. Поиск решения вышеупомянутых проблем и выход из существующей ситуации стал стали мотивирующими для проведения данного исследования.

В данной работе исследовались эффекты использования клинических признаков для классификации пациентов с хроническим заболеванием почек с использованием алгоритма поддержки векторных машин. Данные по хроническим заболеваниям почек основаны на истории болезни, физических осмотрах и лабораторных испытаний. Экспериментальные результаты показали более 93% степени успеха при классификации пациентов с заболеваниями почек на основе трех метрики производительности, то есть точность, чувствительность и специфичность.

Ключевые слова: хронические заболевания почек, поддержка векторной машины, диагностика, Биомедицинская инженерия.

Амиргалиев Е. Н., Шамиль-уулу Ш., Серек А., Калибек-уулу Б.

Бейнені өндеуге арналған машина оқыту әдісін қолданудың кейбір нәтижелері

Қазіргі уақытта әлемде көптеген адамдар созылмалы бүйрек ауруымен зардап шегеді. Тамақтану, қоршаған орта және өмір сүру деңгейі сияқты бірнеше факторларға байланысты көптеген адамдар кенеттен ауырып қалады. Созылмалы бүйрек ауруларын диагностикалау әдісі, қымбат, уақытты қажет ететін және жиі қауіпті. Сондықтан көптеген науқастар емделусіз, әсіресе ресурстары шектеулі елдерде аурудың соңғы сатыларына жетеді. Сондықтан, ерте диагностика, әсіресе дамушы елдерде, аурудың кеш кезеңінде диагноз қойылған өмірде маңызды болып қалады. Жоғарыда аталған мәселелерді шешуге зерттеулер жасалды.

Осы мақалада созылмалы бүйрек ауруы бар науқастарды векторлық машиналарды қолдау алгоритмін қолдану арқылы клиникалық белгілерді қолданудың әсері зерттелді. Созылмалы бүйрек аурулары туралы деректер медициналық тарихқа, физикалық зерттеулерге және зертханалық зерттеулерге негізделген. Эксперименттік нәтижелер бүйрек ауруы бар науқастарды үш өнімділік метрикасына, яғни дәлдікке, сезімталдыққа және ерекшелікке негізделген, 93% -дан астам табыстылық көрсеткішін көрсетті.

Түйінді сөздер: созылмалы бүйрек аурулары, векторлық машиналарды қолдау, диагностика, биомедициналық инженерия.

N.K. Dosmukhamedov, E.E. Zholdasbai, T.S. Dauletbakov,
U.A. Balgimbayeva, M.B. Kurmanseitov, G.Zh. Moldabaeva

(Non-commercial joint stock company: Kazakh national research technical university
named after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan. zhte@mail.ru)

WAYS OF IMPROVING THE TECHNOLOGY OF PROCESSING OF SEMI-PRODUCTS AND RECYCLING MATERIALS OF THE LEAD PRODUCTION

Abstract. On the basis of common positions of technological calculations the principal possibility of using two zone Vanyukov's furnace for processing of semi-products and circulating materials with sulfide lead concentrate complex in chemical and phase composition is shown. It is shown that the choice of the structure and composition of the initial charge is of great importance in the organization of the process.

The obtained results were used to optimize the composition of the initial charge and the technological parameters of the existing technology of mine contractile melting in order to improve it.

Keywords: copper, lead, autogenous melting, material balance, thermal balance.

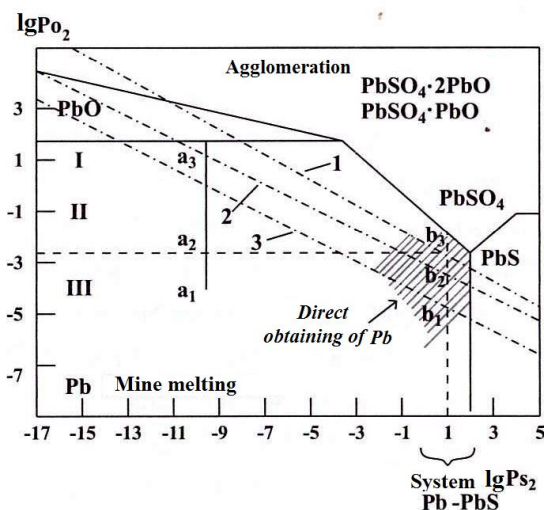
Introduction

Due to a number of objective reasons related to the physical and chemical properties of lead and its compounds, the introduction of autogenous processes in the production of lead is significantly lagged behind in comparison with their use in the production of copper [1-3]. However, a sufficient number of direct lead production processes from primary lead sulfide concentrate have been developed [4-6]. Hardware design of the processes implemented in the industry, allows you to use them for processing of various types and types of raw materials. Lead production in the world practice going in the direction of development of two variants: smelting to matte, which is characteristic for a complex thermodynamic system matte – slag – rough lead and slag – rough lead. The choice of the processing scheme depends on the specific conditions and is determined by the technological capabilities of each individual enterprise. With a low content of lead in sulfide raw materials and an increased content of copper in it, it is preferable to conduct melting on matte. However, the experience of lead plants shows that most of them work under the second scheme – with the production of rough lead and lead-rich slag, which requires further recovery operations to extract lead.

The chart analysis of phase associations of the system Pb – S – O in the coordinates $\lg P_{O_2}$ and $\lg P_{S_2}$ characteristic of autogenous melting of lead [7], shows the presence of only a small, narrow area of direct obtaining of lead (Fig.1). The results of theoretical studies are fully supported by the development of various processes of lead production. These circumstances are proof that the production of lead is still the classical scheme of agglomeration – mine smelting recovery will remain dominant.

Fig. 1. Schematic representation of different processes in the diagram of Pb – S – O at $T=1473$ K:

I – $C_{PbO}=1$; II – $C_{PbO}=0,1$; III – $C_{PbO}=0,05$;
1 – $P_{SO_2}=1$; 2 – $P_{SO_2}=0,1$; $P_{SO_2}=0,01$ (P_{O_2} , P_{S_2} , Pa).
The shaded area is the direct production of lead.



An important issue in the production of lead was to find the optimal solutions for the processing of semi-products and recycling materials received along the way in obtaining lead and zinc (copper slurries, Converter slag, lead sludge, copper-lead mattes, etc.). The solution of the problem is complicated by the fact that associated substandard semi-products are characterized by complex chemical and phase composition. The presence of significant concentrations of metals in them-impurities (As, Sb, Cd, etc.) have a significant negative impact not only on the environment, but also significantly affect the distribution of base metals between the melting products in the direction of deterioration, reducing the quality of the final products. Thus, the results of our earlier studies [8,9] on the distribution of

metals in the processing of semi-products and circulating materials of lead production in the conditions of mine contractile smelting LLP "Kazzinc" show that the extraction of copper and lead in the target products remain at a low level and are ~80-85% and 45-55%, respectively. Due to the lack of alternatives, the current technology remains as a necessary measure of the processing of these intermediate products and recycling materials.

In this perspective, it seems natural question: Why not use high-performance autogenous processes for the processing of these materials? The use of autogenous melting could be one of the most important ways to address this issue and a significant reserve for improving technological indicators of production. The main reason for inhibiting the introduction of autogenous processes is the practical absence in the scientific literature of experimental results on equilibrium in a complex system $Fe - S - O - Me$ (where: $Me - Cu, Pb, Zn$). At the present time remains controversial also the mechanism of oxidation of sulfides. Nevertheless, a sufficiently complete study of iron sulfide oxidation, which determines the first stage of autogenous processes and conversion of any matte, allows us to carry out a qualitative and quantitative assessment of the use of autogenous melting for processing the initial charge, consisting of semi-products and circulating materials of lead-zinc production.

In the present work, the General theoretical and technological perspective, consider the possibility of using the Vanyukov's Process for processing the semi-products of lead production copper slurries, the poor copper-lead mattes, in conjunction with the sulfide lead concentrate.

Research methods

The data on thermodynamic equilibrium of Stein – slag system – gas phase and rough lead – slag are widely used in the work. Evaluation of the possibility of joint processing of semi-products of lead production (copper slurries, the poor copper-lead mattes) sulfide lead concentrate is carried out on the basis of the calculation of material balance of two zone Vanyukov furnace using a specially developed program.

The composition structure of the initial charge is selected based on melting on matte to produce lead-rich slag in the oxidizing zone of the Vanyukov's furnace. Extraction of lead from slag is provided in the recovery zone of the furnace.

Compositions of components of initial charge are accepted according to factory practice of LLP "Kazzinc" (table 1).

Table 1. Chemical composition of the components of the initial charge

Name of products	Chemical composition, % wt.					
	Cu	Pb	Zn	S	Fe	SiO ₂
Copper slickers	29,0	36,0	4,0	8,8	-	-
Lead concentrate	1,7	41,5	5,1	28,0	16,3	1,4
Copper gold-containing concentrate	4,9	2,7	6,9	2,0	3,7	66,0
Lead dust	0,1	53,6	9,8	14,2	0,9	0,7

Calculation of the thermal balance of the process was a traditional task and was reduced to establishing a heat deficit in order to determine the optimal fuel consumption (coal) and reducing agent (carbon) required for melting. As fuel and reductant used coal of Shubarkul deposit of the following composition, %: 87,5; 12,5 other.

In was used as a flux silica flux composition, %: Fe 3,5; 75,0 SiO₂; CaO 5,0; 16,5 – other.

The composition of the slag melting, % wt.: 0,19 Cu; Pb 42,97; of 9.26 Fe; 7,20 Zn; of 15.09 SiO₂; CaO 0,16; 7,76 O₂; other of 17.38.

Melting temperature is 1300°C.

The calculations used the blast is enriched with oxygen.

The number of forms in the oxidation zone of magnetite was determined according to the state diagram of the system $FeO-Fe_2O_3-SiO_2$ on the basis of $FeO/Fe_2O_3=4$ and the content of silica in the slag [10].

Results and discussion

The schematic diagram of the proposed technology for processing semi-products and recycled materials of lead production is presented in Fig.2

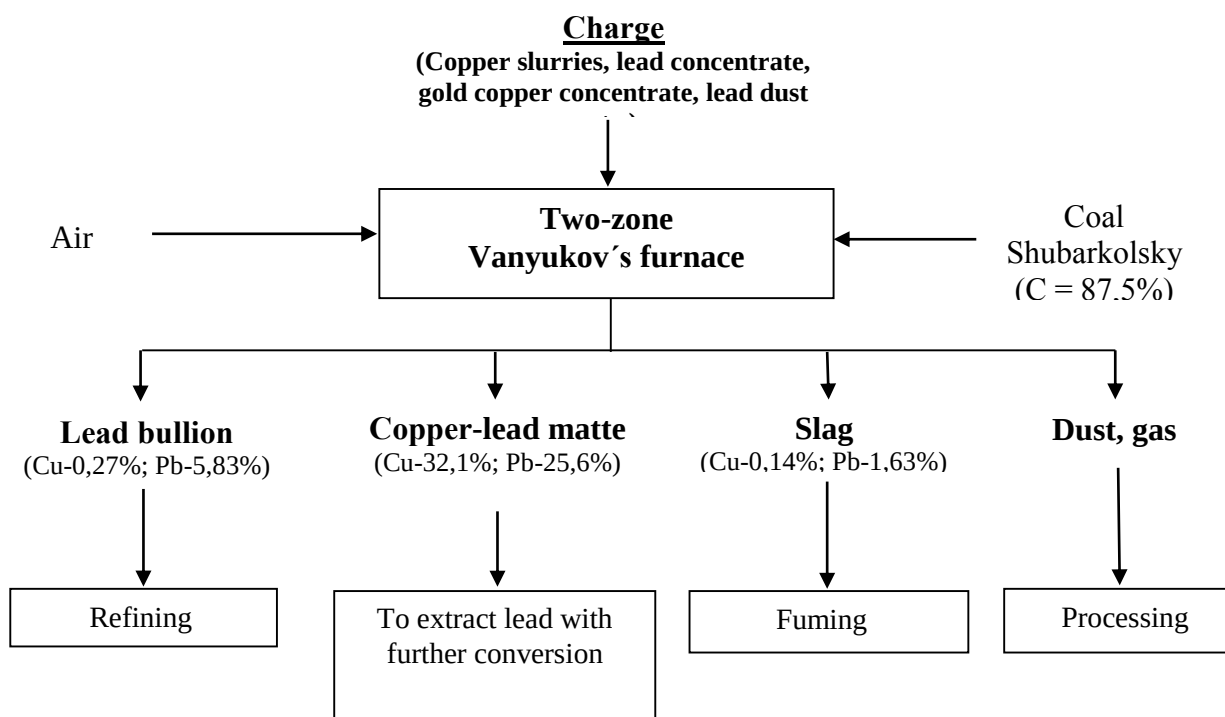


Fig.2. Schematic diagram of the processing of semi-products and recycling materials of the lead production

The structure of the initial charge composition is shown in Fig.3.

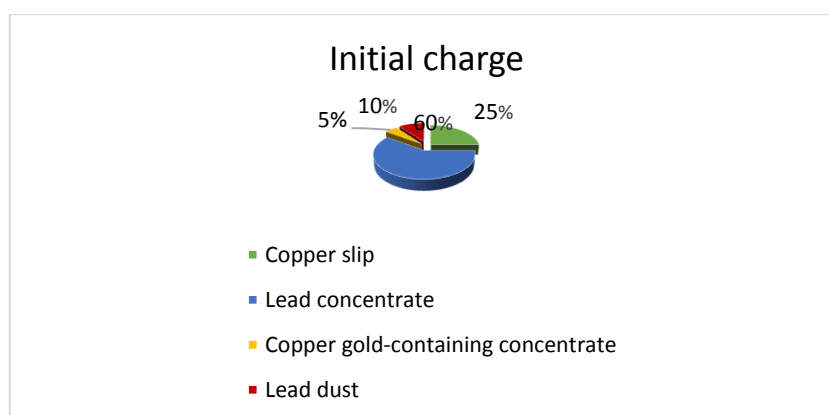


Fig.3. Composition of the initial charge

The choice of composition of the components of the initial charge is chosen so that under conditions of oxidizing atmosphere to prevent the flow of melting reaction between the sulfide and oxide of lead. This is achieved by selecting the optimal ratio between the composition of the initial charge and the flow rate of the blast enriched with oxygen required for the oxidation of a given amount of iron sulfide. Set the degree of enrichment of blast air with oxygen provides the minimum output lead of the sublimates and the necessity of a given level of desulfurization. Consumption of added flux promotes binding produced minor amounts of lead oxide and zinc silicate chemical resistant connection that prevents the leakage of the melting reaction between the sulfide and oxide of lead.

The products of melting of the oxidizing zone are copper-lead matte and slag rich in lead.

Copper-lead matte contains up to 15% lead and can be processed according to the existing conversion technology to obtain rough copper. The existing practice of copper-lead matte processing shows that the conversion process is accompanied by a large yield of lead dust, which, as a negotiable material, leads to significant losses of lead between the products of agglomerating firing and mine smelting. The source of losses of

base metals is also converter slag with a high content of copper and lead (up to 3% and 25%, respectively), which is sent to mine contractile melting for their extraction. Based on this, in our opinion, the most appropriate is the organization of separate, independent processing of copper-lead matte obtained in a separate furnace for the purpose of additional extraction of lead from the matte to lead roughing. This approach will improve lead recovery and significantly improve the quality of copper matte with the exception of all shortcomings inherent in the existing technology. Our preliminary research experiments on the extraction of lead from matte in various ways have shown good results and will be published in the scientific literature in the near future.

The slag obtained in the oxidizing zone of the furnace contains up to 42,97% of lead and is sent to the reduction zone to extract lead to rough lead. The content of lead in draft the lead is 95,83%. The minimum content of impurity metals (Cu, As, Sb) will significantly reduce the load on further refining operations of rough lead. Obtained after the restoration of slag is suitable for use for its intended purpose – for the production of building materials or iron.

The material balance of the fluxes of the oxidizing zone of the furnace is shown in Fig.4.

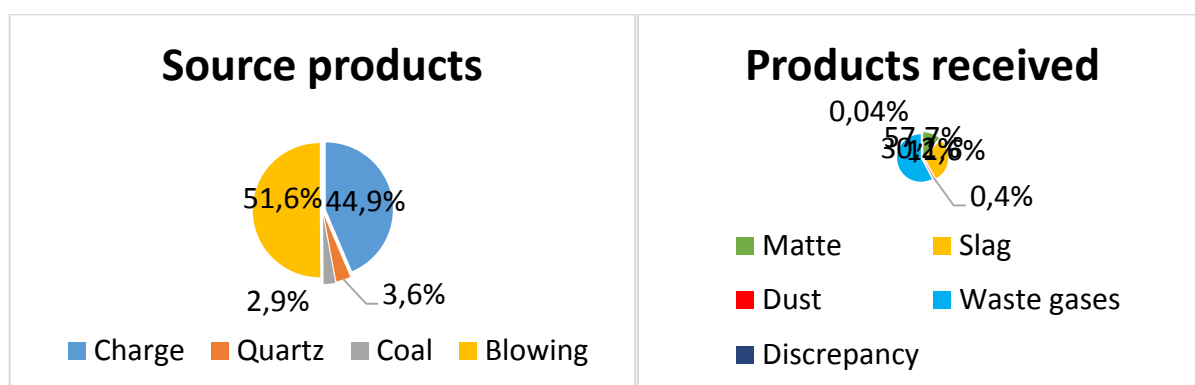


Fig. 4. Material balance of the flows of the oxidizing zone of the Vanyukov's furnace

It is easy to see that the Stein output is 11,63% at the selected process organization. At the optimal level of oxidation of iron sulfide, preventing the formation of lead metal copper content in matte is 32,09%. The extraction of copper in the matte reaches 97,5%.

The compositions of the obtained products of the oxidizing and reducing zone are presented in table 2, 3, respectively.

Table 2. Chemical composition of products obtained in the oxidizing zone

Products	Quantity, t	Chemical composition, % wt.							
		Cu	Pb	Fe	Zn	S	CaO	SiO ₂	Other
Matte	25,9	32,1	25,1	15,4	0,6	21,1			5,7
Slag	67,4	0,2	42,6	9,2	7,1		0,2	14,9	18,1
Dust	1,0	8,6	39,4	10,1	5,4	20,6	0,1	4,2	11,7
Waste gas	128,6		2,7		0,2	11,2			
In total:	222,9								

Table 3. Chemical composition of products obtained in the recovery zone

Products	Quantity, t	Chemical composition, % wt.							
		Cu	Pb	Fe	Zn	S	CaO	SiO ₂	Other
Lead bullion	28,7	0,1	35,1				1,4	28,7	0,1
Slag	35,5	0,1	0,7	5,9	0,1	12,9	13,7	35,5	0,07
Waste gas	13,1		1,1	0,3				13,1	
In total:	77,3								

Results calculation of the heat balance of the oxidizing and reducing zone of the Vanyukov's furnace is presented in Table 4, 5, respectively.

Table 4. **Thermal balance of the oxidizing zone**

The arrival of the heat			Heat consumption		
Articles coming	kJ	%	Item of expenditure	kJ	%
The heat of the charge	1004,2	0,4	Heat Stein	24406,3	9,3
Warm air	5201,2	2,0	The heat of slag	96032,1	36,4
The heat of oxidation reaction of metals	117702,0	44,7	Heat gases	143032,3	54,3
The heat of combustion of coal	134308,4	51,0			
The heat of slag formation	5255,0	2,0			
In total:	263470,8	100	In total:	263470,7	100

Table 5. **Heat balance of the recovery zone**

The arrival of the heat			Heat consumption		
Articles coming	kJ	%	Item of expenditure	kJ	%
The heat of slag	79686,21	70,57	Draft lead heat	3466,26	3,07
Warm air	436,9711	0,39	The heat of slag	50569,65	44,78
The heat of combustion of coal	27545,95	24,39	Heat gases	29215,54	25,87
The heat of slag formation	5255,007	4,65	The heat absorbed by the caissons	29672,69	26,28
In total:	112924,1	100	In total:	112924,1	100

From the results table.4 it follows that the selected process mode and the specified parameters ensure a stable operation of the Vanyukov's furnace. The main share of heat coming up to 45,0% of the heat generated from oxidation of iron sulfide. The heat deficit resulting from the incomplete oxidation of sulfide of iron, is covered with downloading the additional quantity of fuel (coal). At the same time, the required coal consumption is estimated to be insignificant and amounts to ~5%.

To maintain the heat balance of the furnace recovery zone, 27545,9 kJ (~25%) of the heat deficit must be covered (table.5). The established deficit of heat without much effort and costs is blocked by additional burning of coal.

Of great interest from the point of view of practice is the evaluation of the distribution of base non-ferrous metals between smelting products. In Fig.5 shows the distribution of copper, lead and zinc between the melting products of the oxidation and reduction zone.

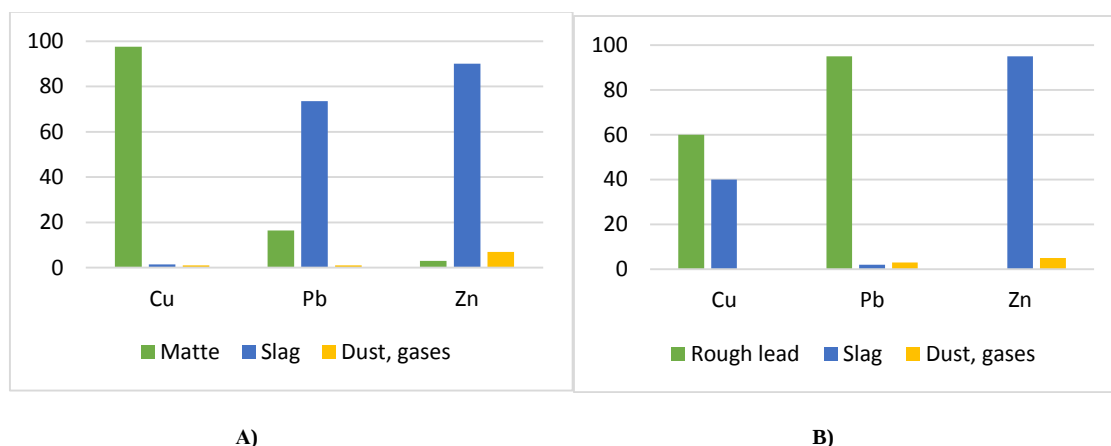


Fig.5. The distribution of Cu, Pb, Zn smelting between products:
A) to the oxidation zone; B) rehabilitation area

It is easy to see that the oxidizing zone achieves a high copper distribution to ~98% in Stein, with its slight transition to slag and dust (1,5% and 1,0%, respectively).

High extraction of copper in the matte provides a sufficiently high quality of rough lead: the copper content in the rough lead is minimal and is – 0,27 %. The content of lead in the rough lead reaches ~ 96,0%.

The total balance of material flows of processing of semi-products and circulating materials in conjunction with the matte Vanyukov's furnace shown in Fig.6.

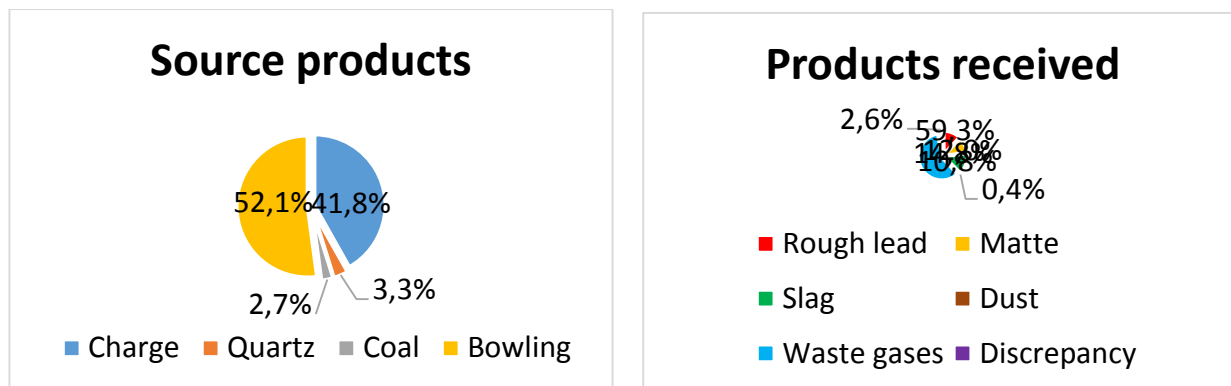


Fig.6. The overall material balance the streams of the Vanyukov's furnace in the processing of semi-products and recycling materials of the lead production together with the sulfide lead concentrate

The final distribution of non-ferrous metals between the fusion products is shown in Fig.7.

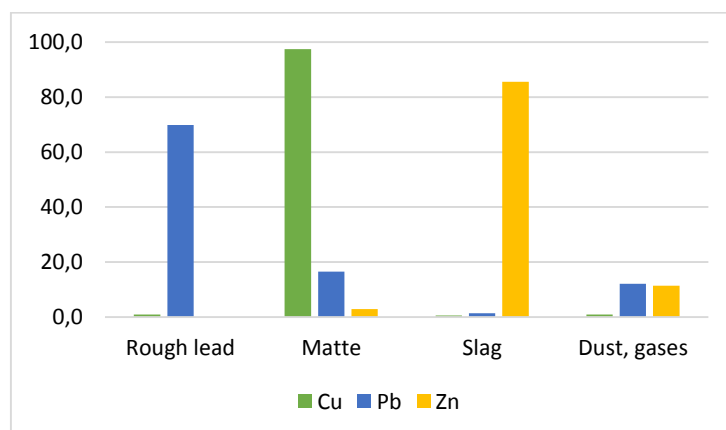


Fig.7. Distribution of non-ferrous metals between smelting products

The results obtained show a high recovery of copper matte and lead roughing lead. In this case, zinc is mainly concentrated in slag and can be extracted without much effort and material costs by known methods, for example, fuming process. Implementation of the proposed technology in practice will ensure high efficiency of physical and chemical interactions between the components of the charge, elimination of the use of expensive coke reducing agent, as well as significantly improve the quality of the products. Separate independent processing of copper-lead matte will allow to achieve deep extraction of lead from matte and get rich (up to 50%) on the content of copper matte. Further processing of these rods will significantly reduce the material costs of the conversion process and losses of copper and lead, arising from their circulation in the melting-conversion chain.

Summary:

1. On the basis of common positions of technological calculations the principal possibility of using two zone Vanyukov's furnace for processing of semi-products and circulating materials with sulfide lead concentrate complex in chemical and phase composition is shown. It is shown that the choice of the structure and composition of the initial charge is of great importance in the organization of the process.

2. The use of a two-zone Vanyukov's furnace allows to achieve selective separation of copper and lead into target products and to ensure their high extraction into Stein and rough lead, respectively.

3. The obtained results will be used to select the optimal composition of the initial charge, determine the optimal process parameters in order to improve the existing technology of mine contractile melting, in relation to the conditions of LLP "Kazzinc".

REFERENCES

- [1] M.E. Schlesinger, M.J. King, K.C. Sole, W.G. Davenport. Extractive Metallurgy of Copper. – 2011. – 411 p.
- [2] Stoic S. G., Tsemekhman L. S., Seregin P. S., Popov V. A., V. M. Paretsky, Besser A. D. Thermodynamic calculation of the distribution of lead in the products of direct melting of lead raw materials // Non-ferrous metallurgy. – 2011. – No. 2. – P. 32-37.
- [3] Development and improvement of technologies for the production of non-ferrous metals with the solution of problems of environmental protection: SB. scientific. labours. – Ust-Kamenogorsk: Vniitsvetmet. – 2001.
- [4] Z. Asaki, T. Taniguchi, and M. Hayashi. Kinetics of the Reactions in the Smelting Furnace of the Mitsubishi Process // JOM. - May 2001. – P. 25-27
- [5] Sofra George. Hughes R. A. the Application of the technological process Ausmelt smelting plants and on the Lead-Zinc 2005, Kyoto, Japan, October 17-19, 2005.
- [6] J. W. Matousek. Oxidation Potentials in Lead and Zinc Smelting // – JOM. - December 2011. – P. 63-67.
- [7] A. Yazawa. Thermodynamic evaluation of extractive metallurgical processes // Met. Trans. –1979, 10B. – P. 307-321.
- [8] Dosmukhamedov N. K., Fedorov A. N., Zholdasbay E. E. Thermodynamics of Cu – Me – Fe – S – O system: peculiarities of Cu, Pb, Zn, Fe, As and Sb behavior during joint processing of lead semi-products, negotiable materials and copper-zinc concentrate // Non-ferrous metals. – 2016. – No. 8. – P. 45-52
- [9] Dosmukhamedov N.K. To., Zholdasbay E. E., Kabylbekov J. J., Kurmanseitov M. B. The Composition of the initial charge of the mine contractile melting // the Mining journal of Kazakhstan. - 2013. - No. 8. - P. 18-21.Н.М.
- [10] Henao, F. Kongoli and K. Itagaki. High Temperature Phase Relations in FeO_x ($X=1$ and 1.33) – CaO – SiO_2 Systems under Various Oxygen Partial Pressure // Materials Transaction. –2005. Vol. 46, No.4. – P.812-819.

Досмухамедов Н.К., Жолдасбай Е.Е., Даулетбаков Т.С.,
Балгимбаева У.А., Курмансейтов М.Б., Молдабаева Г.Ж.

Материалдарды қайта өңдеу технологиясын жетілдіру жолдары

Түйіндеме. Жалпы технологиялық есептеулер негізінде екі аймақты Ванюков пешінде химиялық және фазалық құрамы бойынша күрделі жартылай өнімдер мен айналмалы материалдарды сульфидті қорғасын концентратымен бірге қайта өңдеуде қолдану мүмкіндігі көрсетілді. Процесті іске асыру кезінде бастапқы шихта құрамы мен құрылысын таңдау үлкен мәнге ие екендігі көрсетілген.

Жұмыста алынған нәтижелер бастапқы шихта құрамын оптималдауға және шахталық қысқартып балқыту технологиясының технологиялық параметрлерін жетілдіру мақсатында қолданылды.

Кілт сөздер: мыс, қорғасын, автогенді балқыту, материалдық баланс, жылу баланс.

Досмухамедов Н.К., Жолдасбай Е.Е., Даулетбаков Т.С.,
Балгимбаева У.А., Курмансейтов М.Б., Молдабаева Г.Ж.

Пути совершенствования технологии переработки полупродуктов и оборотных материалов свинцового производства

Резюме. На основании общих позиций технологических расчетов показана принципиальная возможность использования двух зонной печи Ванюкова для переработки сложных по химическому и фазовому составу полупродуктов и оборотных материалов совместно с сульфидным свинцовым концентратом. Показано, что при организации процесса большое значение имеет выбор структуры и состава исходной шихты.

Полученные результаты использованы для оптимизации состава исходной шихты и технологических параметров существующей технологии шахтной сократительной плавки с целью ее совершенствования.

Ключевые слова: медь, свинец, автогенная плавка, материальный баланс, тепловой баланс.

O. Tretiak

(SE Plant Electrotiyazhmash, National Aerospace University
"Kharkiv Aviation Institute", Ukraine, Kharkov, E-mail: alex3tretjak@ukr.net)

PECULIARITIES OF DETERMINING OF THE TIME BETWEEN FAILURES OF THE HYDROGENERATOR THRUST BEARING UNIT BY THE METHODS OF THREE-DIMENSIONAL MODELING

Abstract. The basic designs of Hydrogenerators are considered in the presented scientific work. It is shown that one of the most loaded units of Hydrogenerator is the thrust bearing. The analysis of the causes of emergencies in the thrust bearing unit of the high power Hydrogenerator is performed based on the experience of operation. Cause-and-effect relations of origin and development of defects are determined. Existing methods of calculation of the stressed state of the chambers of the thrust bearing unit in the classical formulation for the stationary mode of operation are considered. The main features of the thrust bearing unit operation with respect to the features of the sliding supports were studied. An updated Diagram of the sliding supports loading is presented. For the first time, the calculation of the elastic chambers of the thrust bearing was performed in three-dimensional formulation taking into account the physical properties of the oil, the material of the chambers and the unevenness of the existing loads. It is shown that the applied designs of SE "Plant "Electrotiyazhmash" can be used in high power Hydrogenerators in the entire range of operational loads without restrictions.

Key words: the thrust bearing, fatigue calculation, three-dimensional modeling, fatigue curve.

Introduction

Hydrogenerators like other electrical machines consist of active and constructional parts. Active parts directly involved in to the process of energy conversion including the rotor and stator magnetic cores circuits with windings on them. All other elements are called constructive ones. The construction of the vertical Hydrogenerator is presented in the scientific work of A. I. Abramov [1].

A characteristic feature of the construction of vertical Hydrogenerator is the presence of the support bearing, called the thrust bearing. It reliably operates under the influence of large forces created by the masses of the rotor of Hydrogenerator and the turbine rotor, as well as the vertical component of the water pressure acting on the turbine runner. These forces are transferred through the thrust bearing bush fixed on the shaft and the thrust bearing on the load bearing or supporting spider and then through the stator body to the foundation.

As a rule, the main units of large electrical machines operate with loads, the mechanical stresses of which are significantly removed from the maximum permissible. Therefore, the probability of fatigue failure appears very rarely. However, when they appear, it leads to significant structural damage or to the replacement of existing support structures (the refurbishment time takes an extended period). A significant contribution in to the solution of the problem of determining the fatigue stresses for the main generating equipment was made by Chernousenko O. Yu. [2].

The thrust bearings operate in the oil friction mode. They are characterized by exceptional durability and low friction coefficients.

The invention of inclined sliding bearings A. G. M. Michell [3] in Australia and independently, A. Kingsbury [4] in the USA let use existing designs during decades.

However during the last time there was a sharp jump in technical and design capabilities, which allowed creating qualitatively new products.

In Fig. 1 existing designs Waukesha Bearings and Itaipu Power Plant are submitted, where 1 is the thrust bush (skirt), 2 is the shaft of Hydroaggregate, 3 is cooler, 4 is the thrust segment.

However given design does not solve completely all the technical problems as bronze is electrically conducting material.

The elastic chambers with corrugation are used in the original design of the thrust bearing unit of SE "Plant "Electrotiyazhmash". Such design is described in scientific work [5]. Given design solution let provide reliable operation of the thrust bearing unit with loads of 300 t. Due to the fact that Hydroaggregates shall operate not less than 40 years and operation conditions demand high maneuverability of the electrical machines then it is necessary to carry out a fatigue analysis of the thrust bearing unit operation for the modes where the service life shall overcome the claimed one.

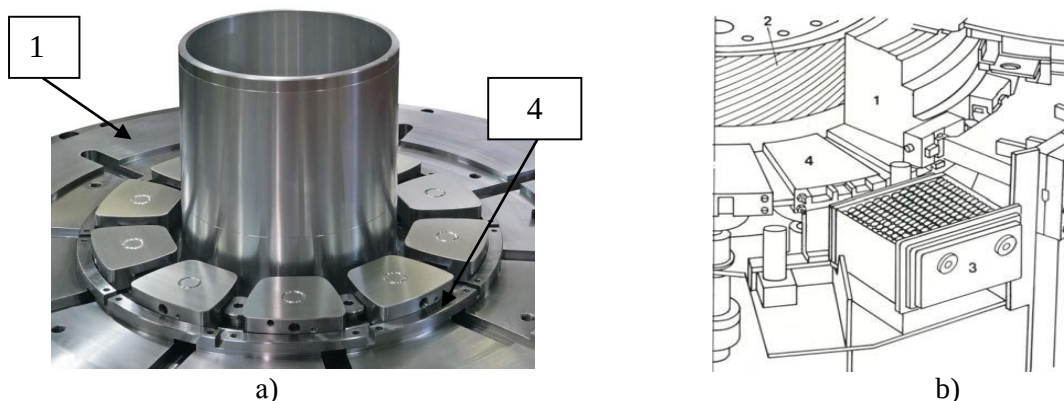


Fig. 1. Tilting pad thrust bearing:
a) courtesy of Waukesha Bearings; b) courtesy of Itaipu Power Plant

One of the options for ensuring the stability of the thrust bearing operation is the introduction of an additional layer into the friction zone (see Fig. 2).

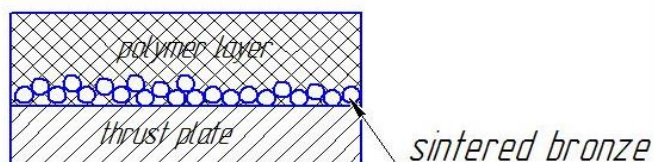


Fig. 2. Location of friction with the bronze-plated

The main causes of damage of the thrust bearing chambers

The main cause of damage of the thrust bearing chambers of the vertical Hydrogenerator is depressurization of chambers at that the thrust bearing from hydraulic with automatic load balancing between the segments turns into the thrust bearing on rigid supports. However, as a rule, there is a significant misalignment of the load on the segments.

In Fig. 3 the Diagram of development of the above-mentioned defect of the thrust bearing on the hydraulic support is shown. The causes of the defect (they are shown at the 1-st and 2-nd time levels) are increased pulsation in the thrust bearing or manufacturing defects. In the time levels 3...7 the further development of the emergency situation is shown.

Time levels

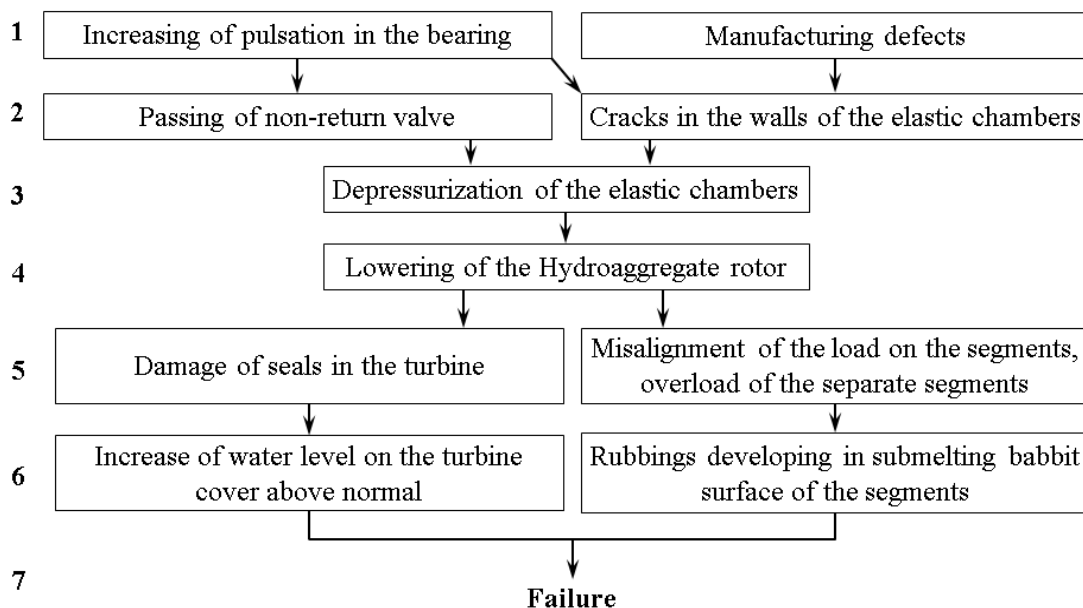


Fig. 3. The Diagram of Defects Development of the Thrust Bearing Chambers

When cracks appear in the elastic chamber its replacement is necessary followed by filling of whole system with oil. Features of the study of emergency situations are submitted in scientific work [6].

Main requirements to the thrust bearing unit of Hydroaggregate rated 330 MW

At operation of Hydrogenerator-Motor rated 330 MW in the generator mode during the start the axial load on to the thrust bearing from the masses of rotating parts of the pump-turbine and water reaction can achieve of 300 tf and total axial load from water pressure and the rotating parts of the Hydroaggregate at rated mode shall not exceed 2300 tf.

At that the requirements to safety and health protection are strictly regulated by the relevant documents. Hydrogenerator for safety of the design shall comply with GOST 12.1.004-91, GOST 12.1.010-76, GOST 12.2.007.0-75 and GOST 12.2.007.1-75. According to the method of protection of a person from electric current shock, Hydrogenerator has class 01 in accordance with GOST 12.2.007.0-75, and its fire safety corresponds to GOST 12.1.004-91. The degree of protection with shell of the Hydrogenerator-Motor shall be IP00 according to Publication IEC 34-5.

In addition, the vertical vibration of the thrust bearing base (double amplitude) shall not exceed of 0.15 mm, and the temperature of the surface of the Hydrogenerator-Motor during inspections and repairs is limited to 45°C.

At that, the thrust bearing design shall not allow overheating, vibration, oil spraying and getting into the ventilation duct at all operation modes, including start-ups and stops, as well as operation at maximum runaway rotation speed.

Designing of the bearings with a two-row arrangement of the segments, that allowed to maintain the level of the specific load without increasing the size of the segments. In the two-row design of the thrust bearing (two rows of chambers) the load through the hub and disc is transferred to segments located in two circular rows. The segments are laid on the supporting plates, which are supported by the spherical surfaces of the supporting bolts screwed into the balancing beam. The balancer is on a cylindrical support. Segments are connected in pairs by means of the balancing beam. The load between the external and internal segments in the pair is automatically distributed according to the law of the double-sided lever (the first-order lever).

Its disk provides electrical isolation from the housing to prevent leakage of the bearing currents. Insulation monitoring is performed on a stopped Hydrogenerator-motor without disassembling of the bath. The segments of the thrust bearing are made with elastic metal-plastic straps (with fluoroplastic coating).

At that the specific pressure on to the thrust bearing segments are limited with 6 MPa. The design provides uniform distribution of the load on to the segments with tolerance of $\pm 10\%$.

The thrust bearing is arranged in the oil bath protected from water ingress and is self-lubricating. For its lubrication oil of Grade Tp-30 is used in accordance with GOST 9972-74 (or its analogue). It is cooled with water circulating through the oil coolers arranged in the oil bath to temperatures corresponding to the established norms.

The thrust bearing ensures reliable operation in both directions of rotation of the Hydroaggregate as well as the start of the Hydrogenerator after its long term stop without usage of special measures.

Determining of maximum admissible operation time of the thrust bearing unit

The classical approach to calculating of the fatigue state of the thrust bearing unit reduces to taking into account only uniform distribution of the load (tension-compression) over the entire area of the segments, the diagram of which is shown in Fig. 4.

The condition for the equality of the moments of forces acting on the segments shall be written in the following form:

$$P_{ext}l_{ext} = P_{int}l_{int} \quad \text{or} \quad q_{ext}F_{ext}l_{ext} = q_{int}F_{int}l_{int}$$

where P_{ext} and P_{int} – are the loads on to the external and internal segments;

q_{ext} and q_{int} – are specific loads on to the working surface of the external and internal segments;

F_{ext} and F_{int} – are the areas of the working surface of the external and internal segments;

l_{ext} and l_{int} – the lengths of the arms of the lever of the external and internal segments.

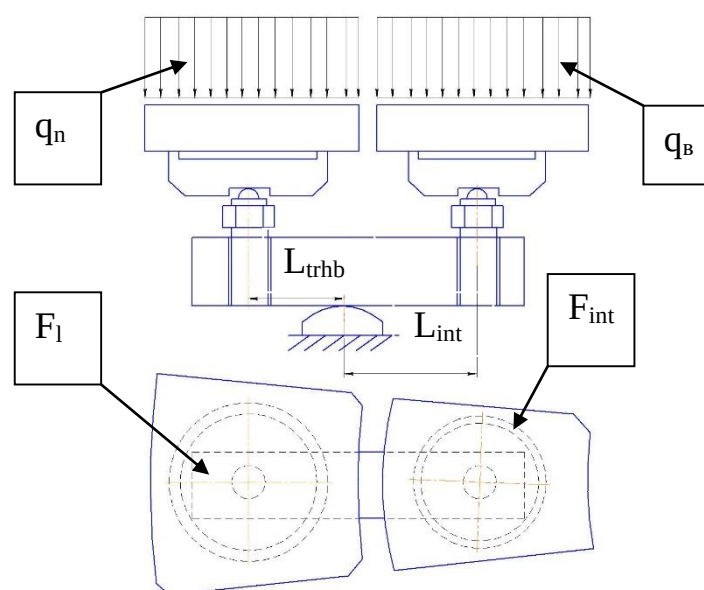


Fig. 4. Loading Diagram of the double-row thrust bearing segments

In the CIS states more than 70 double-row thrust bearings were manufactured and installed on the aggregates of various hydroelectric power plants. They are designed for the total load from 20 up to 35 MN and specific load from 3.5 up to 4.2 MPa. The average circumferential speed in the internal row of segments comprises of 8.0...24.0 m/s, and on the external one comprises of 10.8...31.0 m/s.

When carrying out the analytical calculation, the rigidity of the entire design is searched for by adding of the chamber rigidity due to the compressibility of oil and the rigidity of the empty chamber:

$$C = 0,85A + B,$$

where A – the rigidity of the chamber due to the compressibility of oil;

B – the rigidity of the empty chamber.

The submitted approach can be correct in the first approximation and used at the stage of preliminary outline design.

However, for the working project the calculation diagram shall be radically revised. The operation peculiarities of the chambers of the near and the far rows are different therefore it is necessary to take into account the entire three-dimensional figure of the loads effect on the thrust bearing that is possible to carry out only at solid state modeling of the entire design in a three-dimensional formulation.

Let us consider the three-dimensional calculation design model of the thrust bearing chamber, made by the finite element method (FEM) (SolidWorks Simulation). The design diagram and the limiting conditions of the thrust bearing unit loading under the action of the total axial load from water pressure and rotating parts of the pump-turbine unit, as well as the mass of the rotating parts of the pump-turbine and the water reaction are submitted in Fig. 5.

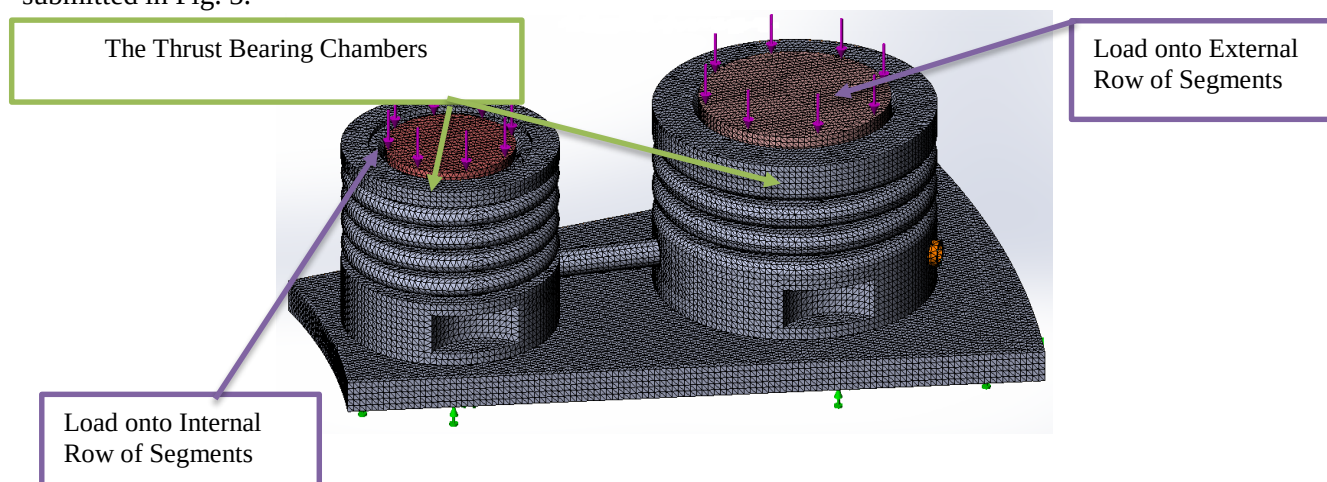


Fig. 5. Calculation Diagram and limiting conditions of the thrust bearing unit loading

As it can be seen from Fig. 6 the design vessel (the thrust bearing chamber) is closed. It means that the physical properties of oil shall be the same everywhere and, consequently, pressure in all points of the chamber shall be constant ($P=const$).

The successive loading of the thrust bearing was considered at small increments of the load that allowed observing insignificant change in the oil elasticity modulus for each iteration. At that the rigidity of the thrust bearing changes significantly at all stages of operation.

The diagrams of pressure inside the thrust bearing chambers are submitted in Fig. 6. The calculations are carried out with the help of the package SolidWorks Flow Simulation. As it can be seen from Fig. 6 the values of pressures are practically constant.

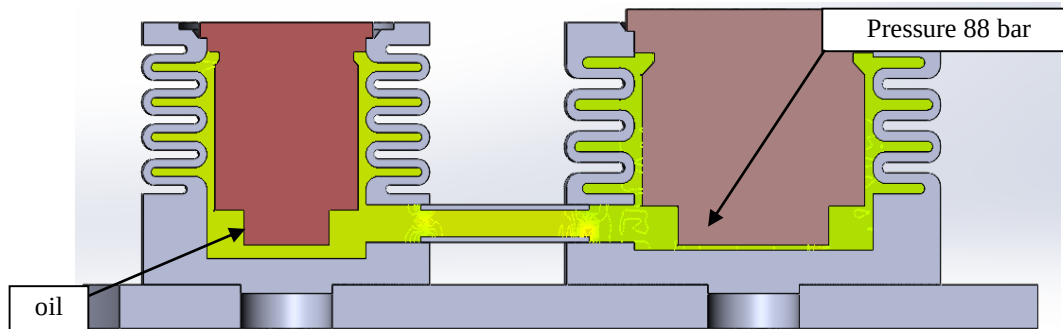


Fig. 6. Diagrams of pressure inside the thrust bearing chambers

When carrying out the fatigue calculation, the following factors shall be taken into account:

- technological factor;
- geometrical factor;
- the surface roughness factor (taking into account additional influence of roughness to local stresses and, consequently, on the fatigue strength of the component);
- the influence factor of surface hardening (taking into account influence (residual stress, hardness) of the changed state of the surface to fatigue strength of the corresponding technological procedure)

Thermally treated steel 35 GOST 1050-2013 shall be considered as the basic material for the chambers of the thrust bearing unit. As its foreign analogues the brands submitted in scientific work [7] can be considered. Check for compliance of all the mechanical properties of the material of the thrust bearing chamber shall be in accordance with GOST 8479-70 for Group V. The fatigue curve used in the calculation is given in scientific work [8].

As per the results of the research it can be seen (see Fig. 7) that run out (wearing out) of the design shall occur much later than the designed operation life of the design.

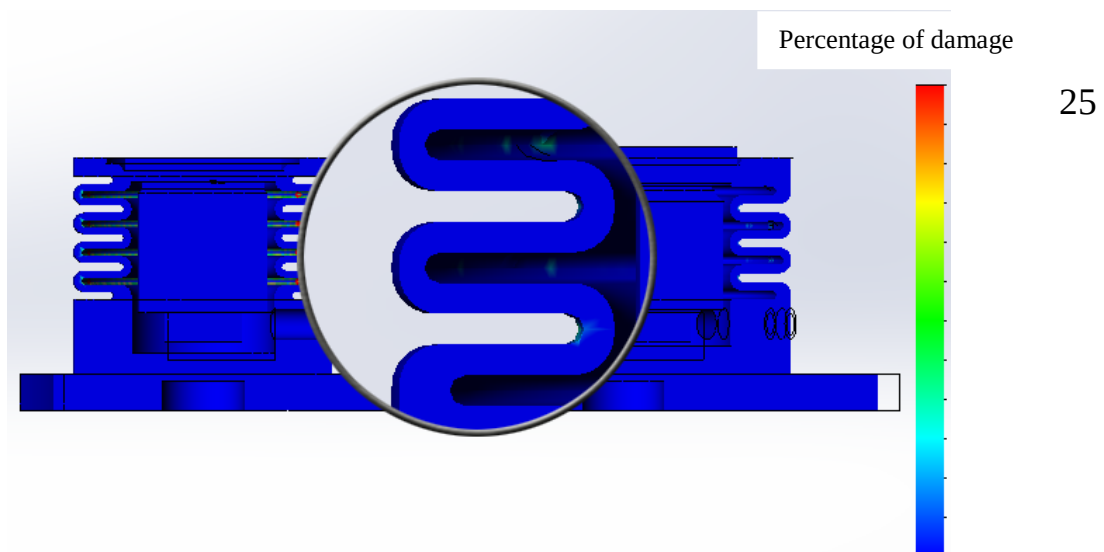


Fig. 7. Percentage of damage of the thrust bearing chamber

Conclusion

In submitted work, the stressed state of the thrust bearing unit of Hydrogenerator of the limiting power is considered. The main disadvantages of the existing designs are indicated, as well as the most dangerous technical damage. To ensure reliable operation of the Hydroaggregate, a methodology for performing fatigue calculation is proposed, which allows to take into account technological, operational and constructive factors, by FEM modeling of the design. It is shown that the design under consideration satisfies the requirements of GOST 14965-80, and the required service life for 40 years is reliably ensured.

REFERENCES

- [1] Abramov A. I., Ivanov-Smolenskiy A. V. Designing of Hydrogenerators and Synchronous Compensators: Aducational Aid for Technical Colleges. – Moscow, "Higher School", 1978. – 312 p.
- [2] Bovsunovskiy A. P., Chernousenko O. Yu., Shtefan Ye. V., Bashta D. A. Fatigue damage and destruction of rotors of steam turbines as a result of torsional oscillations // Strength problems. — 2010. — No. 1. — P. 144-151.
- [3] Simmons, J. E. L., Advani, S. D. Michell and the development of tilting pad bearings. In Fluid Film Lubrication—Osborne Reynolds Centenary; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 1987.
- [4] Kingsbury, A. Thrust Bearing. U. S. Patent 1102276, 7 July 1914.
- [5] Gruboi A. P., Diakov V. I., Kubanov V. G., Saltovskaya D. A. Increase of reliability and efficiency of temperature control of the bearings of vertical Hydroaggregates // Hydroenergetics of Ukraine. – 2014. – No. 2-3. — P. 25–27.
- [6] Vakulenko A. N., Kobzar' K. A., Tretiak A. V., Gakal P. G. and others. Recognition of emergency situations of large Hydrogenerators (Hydrogenerators-Motors) by multifactor analysis of complex stressed condition of units and parts // Hydroenergetics of Ukraine. – 2015. – No. 1-2. — P. 23–27.
- [7] Troschenko V. T., Sosnovskiy L. A. Metals and alloys fatigue resistance: Reference. - Kiev: Naukova Dumka, 1987. – 347 p.
- [8] Biryukov V. P., Petrova I. M., Gadolina I. V., Tatarkin D. Yu. Optimization of laser surfacing modes and the choice of powders based on nickel to increase the fatigue limit of samples and machine parts // Discoveries and achievements of science: a collection of materials of the international scientific conference. Russia, Moscow, 30-31 July, 2015. – 2015.— P. 52–60.

Третьяк А.

Үшөлшемді үлгілеу әдістерімен өкшелік торабының істен шыққанға дейінгі атқарым уақытын анықтаудың ерекшеліктері

Түйіндеме. Қуаты жоғары гидрогенератордың өкшелік торабындағы апаттық жағдайлардың туындау себептерін талдау орындалған. Гидроагрегаттың ең жоғары жүктелген элементері ретінде өкшелік камераларының қауырт жағдайын есептеудің тиісті әдістемелері қарастырылған. Сырғыма тіректеріне қатысты өкшелік торабы жұмысының негізгі ерекшеліктері зерттелген. Сырғыма тіректерін жүктеудің жаңартылған сұлбасы ұсынылған. Алғаш рет майдың, камералар материалының физикалық қасиеттері мен қолданыстағы жүктемелердің әркелкілігін ескере отырып үшөлшемді қойылымда өкшеліктің иілгіш камераларын есептеу орындалған.

Өзекті сөздер: өкшелік, қажулық есептеу, үшөлшемді үлгілеу, қажулықтың қисық сызығы

Третьяк А.

Особенности определения времени наработки на отказ узла подпятника методами трехмерного моделирования

Резюме. Выполнен анализ причин возникновения аварийных ситуаций в узле подпятника гидрогенератора большой мощности. Рассмотрены существующие методики расчетов напряженного состояния камер подпятника, как наиболее нагруженных элементов гидроагрегата. Изучены основные особенности работы узла подпятника применительно к опорам скольжения. Представлена обновленная схема нагружения опор скольжения. Впервые выполнен расчет упругих камер подпятника в трехмерной постановке с учетом физических свойств масла, материала камер и неравномерности существующих нагрузок.

Ключевые слова: подпятник, усталостный расчет, трехмерное моделирование, кривая усталости

УДК 637.1

¹F. Dikhanbayeva, ¹E. Zhaksybaeva, ²J. Smailova, ¹A. Kenbaeva
(Almaty Technological university¹, Almaty, Kazakhstan,
Korkyt Ata Kyzylorda State University², Kyzylorda, Kazakhstan
zhelya90@gmail.com)

RESEARCH OF THE MILK TALES PROCESS WITH PROBIOTIC FORESTS

Abstract. The article presents information on the study of the squash process with probiotic starter cultures, which have high acid-forming properties. Types of dairy starter of direct application are considered and characteristics of fermented dairy products developed in accordance with traditional technologies are determined. The physicochemical and organoleptic characteristics of the product are shown.

Keywords: activity, milk, ferment, ripening, fermented milk product.

Ф.Т. Диханбаева, Э.Ж. Жаксыбаева, Ж.Ж. Смаилова, А. Кенбаева

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СКВАШИВАНИЯ МОЛОКА С ПРОБИОТИЧЕСКИМИ ЗАКВАСКАМИ

Актуальность работы. На первом этапе исследовалось влияние вида микрофлоры закваски на процесс свертывания обезжиренного молока. В качестве основного сырья использовали молоко цельное коровье, которое было подогрето до температуры 40–45 °С и просепарировано, затем обезжиренное молоко пастеризовалось при температуре (80±2) °С.

Подбор заквасок проводился на основании анализа литературных источников.

Обычную микрофлору кисломолочных продуктов составляют молочнокислые бактерии и дрожжи. При развитии молочнокислых бактерий образуется молочная кислота, а при развитии дрожжей — спирт.

В лабораториях выделяют микроорганизмы в чистом виде и специально выращивают («культивируют»). Микроорганизмы, выращиваемые в специальных целях, называются «культурами» (например, культура молочнокислого стрептококка, культура болгарской палочки и т. д.).

Молоко, сквашенное путем внесения в него определенных культур молочнокислых бактерий или дрожжей, называется «закваской» и предназначается для заквашивания молока в производстве кисломолочных продуктов.

Для выработки кисломолочных продуктов применяют следующие культуры молочнокислых бактерий и дрожжей: молочнокислый стрептококк (*Streptococcus lactis*) мезофильный и термофильный; болгарскую палочку (*Lactobacterium bulgaricum*), ацидофильную палочку (*Lactobacterium acidophilum*), сливочный стрептококк (*Streptococcus cremoris*), ароматообразующие бактерии: диацетилактис (*Streptococcus diace-tilactis*), цитроворус (*Streptococcus citrovorus*), парацитроворус (*Streptococcus paracitrovorus*), ацетоиникус (*Streptococcus acetoinicus*) и молочные дрожжи, сбраживающие лактозу.

Каждый продукт изготавливают с помощью определенных культур микроорганизмов. Например, при производстве мечниковской простокваши применяют закваски молочнокислого стрептококка и болгарской палочки; для производства кефира употребляют закваски, приготовленные на кефирных грибах или на чистых культурах, в состав которых входят молочнокислые стрептококки, молочнокислые палочки, молочные дрожжи, уксуснокислые бактерии и другие микроорганизмы.

Объекты исследования. Были выбраны следующие виды заквасок: бактериальный препарат «Би-филакт-А», в его состав входят молочнокислые бактерии *Lactobacillus acidophilus* и бифидобактерии вида *Bifidobacterium longum* или *Bifidobacterium bifidum*, сублимированная высококонцентрированная закваска прямого внесения компании Chr. Hansen (АВТ-5), состоящая из термофильного стрептококка *Streptococcus thermophilus* – *Bifidobacterium BB-12* и *Lactobacillus acidophilus*.

Обсуждение исследования. При производстве кисломолочных продуктов нужно до 5% заквасок (от количества заквашиваемого молока), приготовленных на чистых культурах молочнокислых бактерий или бактерий и дрожжей.

Качество закваски предопределяет качество готовых кисломолочных продуктов. Оно зависит от многих факторов: чистоты культуры (отсутствия в заквасках посторонних микроорганизмов), активности ее, т. е. способности к кислотообразованию, накоплению ароматических веществ, антибиотиков и витаминов.

Активность культуры, является важнейшим показателем качества закваски. Активность закваски, прежде всего связана с интенсивным размножением бактерий.

При оптимальных температурах развития культуры молоко свертывается через 3—6 ч. При этом у заквасок должен быть чистый кисломолочный вкус и аромат, ровный, плотный, не-рванный, не вспученный, без отстоя сыворотки сгусток.

Обычно об активности культуры, а следовательно, и качестве закваски судят по ее кислотности. Кислотность готовой стрептококковой закваски должна быть 85—90° Т, а закваски из палочек 100—110° Т.

Закваска пониженной и повышенной кислотности малоактивна: в первом случае из-за недостаточного количества в ней живых клеток, во втором — из-за угнетенного состояния клеток под действием избытка молочной кислоты; это в большей степени относится к стрептококкам, чем к палочкам.

Если пониженная кислотность закваски объясняется малым-количеством молочнокислых бактерий из-за недостаточной выдержки ее в термостате и преждевременного охлаждения, то такую закваску можно исправить: надо вновь поместить ее в термостат и выдержать в нем до нарастания необходимой кислотности. Если низкая кислотность закваски связана с потерей, активности культуры, с вырождением ее, то такую закваску невозможно исправить и ее следует заменить новой.

Активность культуры в закваске можно сохранить и при высокой титруемой кислотности, если в закваску добавить вещества, повышающие буферность, т. е. поддерживающие активную кислотность (рН) на определенном уровне.

Цель исследований – провести сравнительное изучение активности культур, используемых в виде бактериального препарата «Бифилакт-А» и DVS-культур в виде АВТ-5, они содержат одноименные виды культур. Бактериальный препарат «Бифилакт-А» предварительно активизировали на стерилизованном обезжиренном молоке в течение 6-8 ч. Характеристика активизированного бактериального препарата приведена в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика активизированного бактериального препарата

Закваска	Состав закваски	Показатели		
		время свертывания сгустков, ч	органолептические показатели	титруемая кислотность, °Т
Бактериальный репарат «Бифилакт-А»	Bifidobacterium longum, или Bifidobacterium bifidum и Lactobacillus acidophilus	6-8	Кисломолочный чистый вкус, консистенция сметанообразная	90,0±1,0

Известно, что бифидобактерии являются нормальной микрофлорой кишечника. Чистые культуры бифидобактерий характеризуются определенными свойствами: они грамположительные, анаэробные, неподвижные палочки. Штаммы бифидобактерий обладают антибиотической активностью по отношению к патогенной микрофлоре, благодаря чему их рекомендуется использовать для приготовления лечебных кисломолочных продуктов.

В настоящее время ведущие фирмы Дании, Германии, Франции и других стран по производству заквасок, вырабатывают бактериальные закваски и концентраты, которые вносят непосредственно в молоко для сквашивания. Перед использованием культуры DVS не требуется предварительно активизировать или подвергать какой-либо другой обработке.

В качестве добавочной культуры к бактериальному препарату «Бифилакт-А» использовали *Streptococcus thermophilus*. Термофильный стрептококк относится к группе термофильных молочнокислых стрептококков. Колонии *Streptococcus thermophilus* имеют темную зернистую структуру. *Streptococcus thermophilus* характеризуется высокой активностью и пределом кислотообразования, более высокой терморезистентностью и оптимальной температурой роста.

В контрольных выработках использовалась закваска из термофильного стрептококка.

Концентрированные культуры DVS обладают рядом преимуществ перед обычными заквасками, получаемыми путем пересадок:

- постоянство штаммов (не нарушается соотношение между штаммами);
- простота в обращении;
- высокая активность;

- отсутствие риска загрязнения бактериофагом;

- отсутствие постоокисления в процессе производства и хранения, а также длительного срока хранения.

Температура свертывания обезжиренного молока (нормализованной смеси) – 37-39 °С; гетероферментативные термофильные микроорганизмы при температуре 35- 45 °С в течение 4-6 ч, а го-моферментативные термофильные микроорганизмы при температуре 40-45 °С в течение 6-9 ч.

Характеристика кисломолочных продуктов, выработанных в соответствии с условиями традиционных технологий указаны в таблицах 3,4.

Таблица 3. **Органолептические показатели кисломолочных продуктов**

Вариант	Консистенция	Запах, вкус	Внешний вид, цвет
Контроль	Слегка мажущаяся	Свойственный, кисло-молочный,	Белый, с желтоватым оттенком
Опыт 1	Однородная	Слегка кислый	Белый
Опыт 2	Нежная	Чистый, кисломолоч-ный	Белый
Опыт 3	Однородная	Свойственный, кисло-молочный	Белый
Опыт 4	Нежная, однородная	Кисломолочный	Белый
Опыт 5	Нежная, однородная	Кисломолочный	Белый

Таблица 4. **Физико-химические показатели кисломолочных продуктов**

Вариант	Время свертывания, ч	Кислотность титруемая, °Т	Массовая доля, %	
			влаги	сухих веществ
Контроль	8	96	88,46	11,54
Опыт 1	6	110	88,46	11,54
Опыт 2	6	98	86,96	12,50
Опыт 3	6	82	87,50	13,04
Опыт 4	6	76	85,70	14,30
Опыт 5	5	78	85,60	14,60

Полученные экспериментальные данные показывают, что процесс свертывания протекал достаточно активно во всех опытных вариантах. Таким образом, совершенствование технологии, ассортимента и рецептурного состава кисломолочных продуктов с пробиотическими заквасками является актуальным для настоящего состояния технологии производства функциональных, в том числе пробиотических продуктов. Все использованные бактериальные культуры обладают высокими качествами и придают приятный вкус продукту.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Yogurt: Yogurt Based Products. P. Behare, H.Kumar, S. Mandal. Reference Module in Food Science. Encyclopedia of Food and Health 2016, Pages 625–631.

[2] Nikola Tomic, Biljana Dojnov, Jelena Miocinovic, , Nada Smigic, Ilija Djekic, Zoran Vujcic. Enrichment of yoghurt with insoluble dietary fiber from triticale – A sensory perspective. LWT - Food Science and Technology, Volume 80, July 2017, Pages 59-66

[3] Диханбаева Ф.Т., Базылханова Э.Ч., Тургунова А., Жумахан С. Научные основы производства пробиотических кисломолочных продуктов. Материалы РНПК молодых ученых «Наука. Образование. Молодежь», 27-28 апреля 2017., Алматы, АТУ.С.22-23

[4] Nikola Tomic, Biljana Dojnov, Jelena Miocinovic, , Nada Smigic, Ilija Djekic, Zoran Vujcic. Enrichment of yoghurt with insoluble dietary fiber from triticale – A sensory perspective. LWT - Food Science and Technology, Volume 80, July 2017, Pages 59-66

[5] Tamires Alcântara Dourado Gomes Machado, Maria Elieidy Gomesde Oliveira, Maria Isabel FerreiraCampos, Paloma Oliveira Antoninode Assis, Evandro Leite de Souza, Marta SuelyMadruga^dMaria Teresa Bertoldo Pacheco, Maria Manuela Estevez Pintado, Rita de Cássia Ramos do Egypto Queiroga. Impact of honey on quality characteristics of goat yogurt containing probiotic *Lactobacillus acidophilus*. LWT - Food Science and Technology, Volume 80, July 2017, Pages 221-229

[6] Диханбаева Ф.Т. Основные направления разработки комбинированных молочных продуктов «Пищевая и перерабатывающая промышленность Казахстана» № 6 стр 20-21 2007г

[7] Тамим А. Й. Робинсон Р. К. Йогурт и аналогичные кисломолочные продукты: научные основы и технологии / А. Й. Тамим, Р. К. Робинсон.; пер. с англ. под науч. ред Л. А. Забодаловой. — СПб: Профессия, 2003. — 664 с., ил. — (Серия: Научные основы и технологии).

[8] Сабурова К.М. Разработка технологии кисломолочных напитков смешанного сырьевого состава ,обогашенных биологически активными веществами .Текст: дисс.канд.техн.наук. –Санкт-Петербург. 2002. С.172.

[9] Мячина Д.О.Разработка технологии кисломолочных напитков с бифидогенными свойствами.Текст: дисс.канд.техн.наук. 2007.

[10] Крусъ Г.Н., Храмов А.Г, Волокитина З. В., Карпычев С.В. Технология молока и молочных продуктов;- М.: Колос С, 2004.- с.400, с.50.

Диханбаева Ф.Т., Жаксыбаева Э.Ж., Смаилова Ж.Ж., Кенбаева А.

Пробиотикалық ашытқылармен сүтті ұйыту процесін зерттеу

Резюме. Мақалада қышқылдық қасиеттері бар пробиотикалық стартер мәдениеті бар сквос үдерісі туралы ақпарат берілген. Лактифа сірке түрлерінің зерттелуі және дәстүрлі технологияларға сәйкес әзірленген ферменттелген сүт өнімдерінің сипаттамалары анықталынған. Өнімнің физикалық, химиялық және органолептикалық сипаттамалары көрсетілген.

Түйін сөздер: белсенділік, сүт, ашытқы, пісетін, ашыған сүт өнімдері.

ӘОЖ 53.087.92

Khabai Anar, Zhi Wang, M.K.Baktybaev, A.A Kembaeva

(School of industrial engineering, Satpaev University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: anar_kh@mail.ru)

TEMPERATURE AND HUMIDITY MEASUREMENT BASED ON THE OPTICAL FIBER SENSOR

Abstract: Proposed the infrasonic laser sensitivity to humidity-dependent based on optical fibers of the Fabry-Perot interferometers experimentally demonstrated. A laser sensory sensitive mechanism and their sensitivity parameters described. The analysis for the change in the strain of the fibers, depending on the temperature, based on the fiber Bragg grating (FBT) reverse reflective effect.

Providing the principle of the working optical fiber sensor, which measures the humidity and temperature by uniformity based on these analyzes.

Key words: Temperature and humidity sensor, Fabry–Perot Interferometer, Fiber Bragg Grating, relative humidity, Single mode fiber.

Хабай Анар¹, М.К Бактыбаев¹, Zhi Wang², Кембаева А.А¹

(¹Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ Ұлттық техникалық зерттеу университеті

²Zhejiang University, Republic of China

anar_kh@mail.ru, murat.baktybayev@gmail.com, aimaibar@mail.ru)

ОПТИКАЛЫҚ ТАЛШЫҚ НЕГІЗІНДЕ ТЕМПЕРАТУРА МЕН ЫЛҒАЛДЫҚТЫ БІРЛІКТЕ ӨЛШЕЙТІН ДАТЧИКТИ АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Фабри-Перот интерферометрлері (ФПИ) негізделген оптикалық талшықтың ылғалдылыққа байланысты инкассавтикалық сезімталдығы ұсынылып, эксперименталды түрде көрсетілді. Лазерлік сенсорлық сезімтал механизмін және оның сезімталдық көрсеткіштері сипатталды. Температура өзгерісіне тәуелді талшықтың деформациялық өзгеріс фазасы негізінде оптикалық талшықты Брэгг торларының (ОТБТ) белгілі бір спектрлерді кері шағылысу эффектісіне негізделген. Осы талдаулар негізінде температура мен ылғалдылықты бірлікте өлшейтін оптикалық талшықты датчиктің жұмысын ұсыну.

Түйін сөздер: Фабри-Перот интерферометрлері, Агроза гель, талшықтың Брэгг торлары, Салыстырмалы ылғалдылық, Оптикалық бір бағытты режимдегі талшық, сигналдың шуылға қатынасы.

1 Кіріспе

Ылғалдылық пен температураны бақылау химия, биология, метеорология, электроника, автомобильдер, өсімдіктер, микроэлектроникалық өндірісте және басқа ғылым мен техниканың көптеген салаларында өте маңызды рөл атқарады. Қазіргі уақытта түрлі физикалық принциптерді қолданатын көп сандық датчиктер бар. Дегенмен, датчиктердің сезгіштік, селективтілік, сенімділігін және жауап беру уақыттарын одан әрі жетілдіру қажет.

Қазіргі таңда қолданыстағы ылғалдылық пен температураны бірлікте өлшейтін датчиктер бар [1-4]. Қазіргі кезде оптикалық талшық негізіндегі ылғалдылық пен температураны бірлікте өлшейтін датчик жоғары сезімталдыққа, тез жауап беруге, ықшамды көлеміне және анти-электромагниттік кедергі сияқты артықшылықтарына байланысты қызығушылығымен зерттелді.

Кристалды талшыққа негізделген ылғалдылықты анықтауға арналған талшықтық сенсорлардың әртүрлі түрлері ұсынылған [5-8]. Оптикалық талшықты температураны өлшеу әдістеріне қолдану көрсетілген [10]. Оптикалық талшықты Брэгг торлы шағылыстырудың негізіндегі сезімталдықтар [10-13] және Фабри-Перот интерферометрлері [14,15], біртекті оптикалық талшықтар [16] басылымдарда талқыланған. Агроза гелінің шығыны төмен, дайындалуы оңай және тиісті есептерде жақсы көрсеткіштерге ие, сондықтан салыстырмалы ылғалдылық үшін кеңінен қолданылады [17]. Талшықты оптикалық сезімталдықты жақсарту үшін бұларды гигроскопиялық материалдардан жасайды, мысалы Агроза гелі, графен оксиді, поливинил спирті, SiO_2 , WS_2 және SiO_2 , WS_2 сияқты т.б. Қазіргі кезде көптеген оптикалық сенсорлар пассивті және кең жолақты жарық көзімен жұмыс істейді. Соңғы жылдарда, оптикалық талшықты лазерінің ішкі сезімталдығына негізделген датчиктер кеңінен зерттелді, өйткені олардың спектрлі резонансының шыңның көрінуін жақсартты және өткізу қабілеттілігі 3-дБ-ге жетті [18-20].

Оптикалық талшықты лазерлерге негізделген ішкі сезімталдықты дамыту арқылы датчиктердің сигналдың шуылға қатынасы жақсартылды, ал тар диапазондағы 3 дБ өткізу сенсорлық желінің сыйымдылығын арттырды.

Бұл мақалада ылғалдылыққа сезімтал агроза гелі арқылы ФПИ негізделіп 25% пен 95 % салыстырмалы ылғалдылық диапазонында тәжірибелік нәтижелер алу және оптикалық талшықтың Брэгг торлының температураға байланысын деформация негізінде кері шағылу спектрі арқылы температураны анықтау мүмкіндігіне талдау жасау.

2 Датчиктің жұмыс принципі

Ұсынылған датчиктің жұмыс принципі екі негізгі сезімталдыққа негізделген: Фабри-перо интерферометрі әдісіне негізделген ылғалдылыққа сезімтал агрозалық шағылысуы; Температура өзгерісіне тәуелді талшықтың деформациялық өзгеріс фазасы негізінде Оптикалық талшықты Брэгг торларының (ОТБТ) белгілі бір спектрлерді кері шағылысу эффектісіне негізделген.

2.1 Оптикалық талшықтың Брэгг торлының температураға байланысының кері шағылуы

Брэгг толқынының ұзындығы (λ_B) деп аталады, бұл Брэгг шартын қанағаттандыратын толқын ұзындығының ортасында орналасқан тар жарық спектрін орындайтын саңылау сүзгісі ретінде алынған[3].

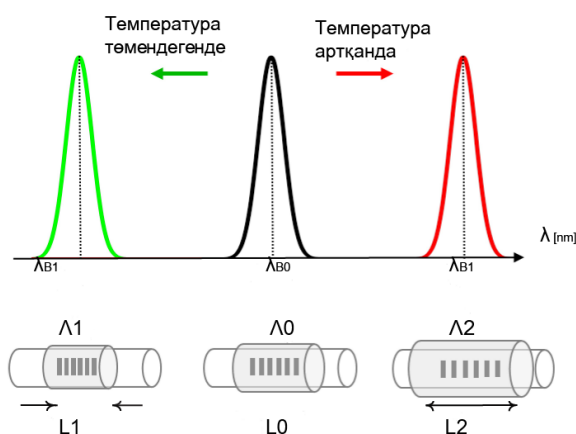
λ_B шамасы осы тор аралықтарынан кері шағылатын температураға сезімтал жолақтар, ол келесідей болуы мүмкін Λ

$$\lambda_B = 2 \cdot \Lambda \cdot n_{eff} \quad (1)$$

Мұнда Λ – тордың периодтық кезеңі, n_{eff} - талшықты оптикалық сыну индексі. Бұл екі параметр деформацияға байланысты температураның функциясы болып табылады. Сондықтан талшықты Брэгг торлы (ТБТ) сенсорлары температуралық деформацияларды анықтау үшін танымалдылыққа ие. ΔT температурадағы ε деформациядан туындаған Брэгг толқын ұзындығы $\Delta \lambda_B$ келесі теңдеу арқылы көрінеді.

$$\frac{\Delta \lambda_B}{\lambda_B} = (1 - P_e) \cdot \varepsilon + [(1 - P_e) \cdot a + \xi] \cdot \Delta T \quad (2)$$

P_e , a , ξ , фотоэластикалы тұрақты, жылу кеңейту коэффициенті және тиісінше оптикалық талшықтың термо-оптикалық коэффициенті.



1-сурет. Температураға сәйкес ТБТ толқын ұзындығының өзгеру көрінісі, L артқан сайын кері шағылу толқынның ұзындығы артады.

Температураны бақылауға қатысты (1) және (2) теңдеулерінде көрсетілгендей параметрге сезімтал акрилатпен қапталған коммерциялық Брэгг торлы оптикалық талшықты сенсоры арқылы орындалады.

2.2 Фабри-Перот интерферометрі әдісіне негізделген ылғалдылыққа сезімталдылық

Ылғалға сезімтал Фабри-Перот интерферометрі схемасы 2-суретте ұсынылған. Оптикалық бір бағытты режимдегі талшық және оған Брэгг торлары орналастырылған, оның көлденең қимасы жарты-рефлекциялық пленкамен жабылып ФПИ вакуумдық қуысына жалғасады. ФПИ вакуумдық қуысты кремний диафрагмасымен жабылады. 2-суретте көрсетілгендей кремний диафрагмасына агроза гелі қойылады. Ұзындығы h деп анықталған қуыстың алдыңғы және артқы екі шағылыстратын бет бар, бірі ылғалдылыққа сезімтал агроза гелі. Бұл екі беттен шағылысқан жарық арасында интерференция құбылысы пайда болады. Себебі кремний диафрагмасындағы агроза гелінің қалыңдығы, нақты вакуум қуысының ұзындығынан әлдеқайда аз, олар теориялық модельде бір шағылатын бет ретінде қарастырылды. Осылайша, ФПИ-дің E_r екі беттің шағылыстрған электр өрісінің шамасы мынадай болуы мүмкін.

$$E_r = E_0 [\sqrt{R_1} + (1 - a)(1 - R_1)\sqrt{R_2}e^{-j2\varphi_{FP}}] \quad (3)$$

Мұндағы E_0 – берілген электр өрісі, a – таралудағы шығын факторы. R_1 және R_2 екі шағылыстратын беттердің шағылыстыру коэффициенттері. φ_{FP} – айналыудың фазалық ығысуы, бұл мынадай болуы мүмкін

$$\varphi_{FP} = \frac{4\pi h}{\lambda} \quad (4)$$

Сондықтан m -ші ретгі ең жоғары толқын ұзындығы

$$\lambda_m = \frac{2h}{m} \quad (5)$$

мұндағы m - бүтін сан. Біз еркін спектральды диапазондарды аламыз және екі іргелес жолақ арасындағы толқынның ұзындығының аралығын көрсетеміз.

$$\Delta\lambda_s = \frac{\lambda^2}{2h} \quad (6)$$

Толық шағылу спектрі $f(\lambda)$ ретінде сипаттауға болады

$$f(\lambda) = \left| \frac{E_r}{E_0} \right|^2 = A + B \cos(2\varphi_{FR}) \quad (7)$$

Мұнда

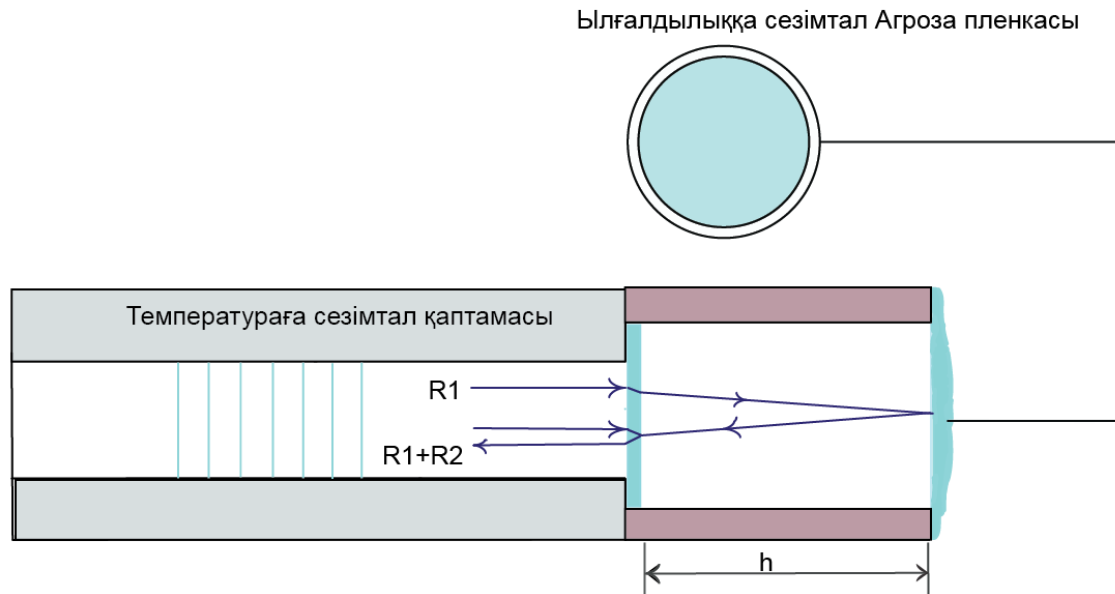
$$A = R_1 + (1 - a)^2(1 - R_1)^2 R_2, \quad B = 2\sqrt{R_1 R_2}(1 - a)(1 - R_1) \quad (8)$$

Френел формуласына сәйкес, екінші бетіндегі көрініс коэффициенті ретінде мынадай жазылуы мүмкін

$$R_2 = \left(\frac{n_A - 1}{n_A + 1} \right)^2 \quad (9)$$

Мұнда n_A - Агароз сыну көрсеткіші. Агарозаның сыну көрсеткіші өзгергенде, екінші бетіндегі шағылысу өзгереді. Агарозаның сыну көрсеткіші қоршаған ортаның ылғалдылығына сезімтал болғандықтан [15]. ФПИ ылғалдылықты анықтау үшін пайдаланылуы мүмкін толқын ұзындығы $f(\lambda)$ төмендегідей сипатталады.

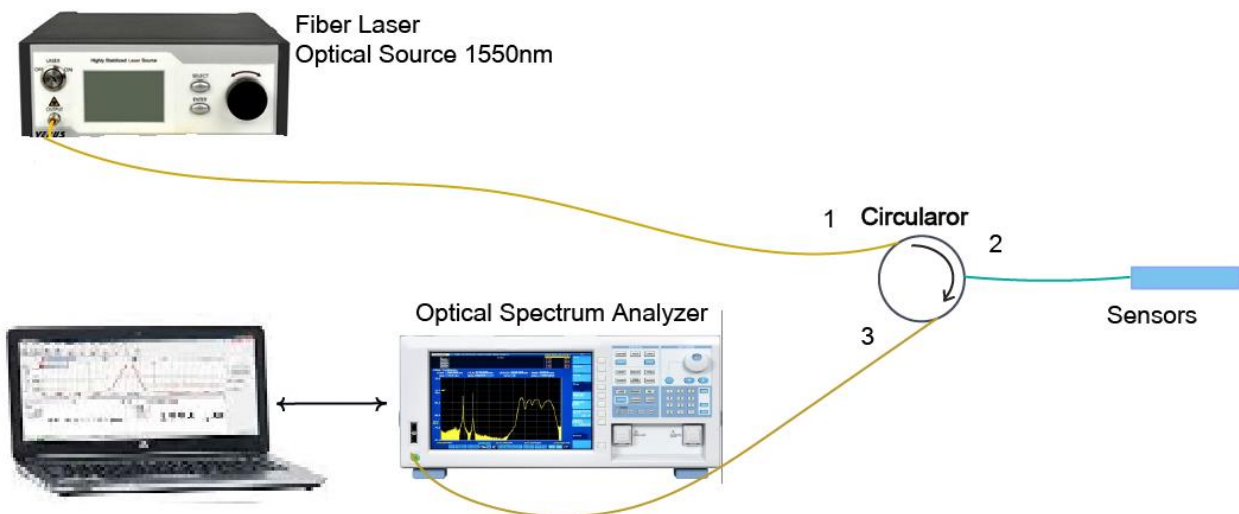
$$f(\lambda) = R_1 + (1 - a)^2(1 - R_1)^2 \left(\frac{H\epsilon_A - 1}{H\epsilon_A + 1} \right)^2 + 2\sqrt{R_1}(1 - a)(1 - R_1) \left(\frac{H\epsilon_A - 1}{H\epsilon_A + 1} \right) \cos(2\varphi_{FP}) \quad (10)$$



2-сурет. ФПИ ылғалдылыққа сезімталдық схемасы. Екі шағылыстру бетіндегі шағылыстру моделі.

3. Эксперименттік қондырғыны дайындау және нәтижелерді талдау

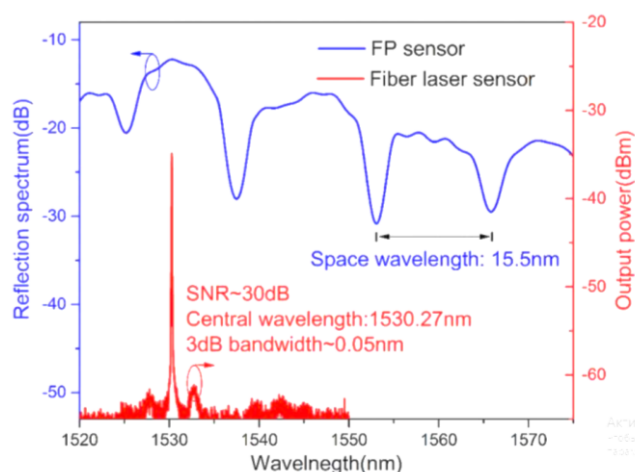
ФПИ-ге негізделген ылғалдылықты анықтаудың эксперименттік жұмысын орнату және талшықты Брэгг торлы теператураға сезімталдығын анықтау. Талшықты лазердің оптикалық көзінен шыққан спектрдің толқын ұзындығы 1500nm . Талшықты сақиналық қуыста бір бағыттағы лазермен жұмыс істеу үшін қажетті жарықтың бағытын оқшаулағышы бар. Ылғалға сезімтал ФПИ талшықты-лазерге циркулятор мен трансмиссиялық оптикалық талшық (TOF, Thorlabs) арқылы қосылады. ФПИ қуысы селективті сүзгі ретінде қызмет етеді және датчиктің ішкі жүйесінде ылғалды анықтауға арналған сезімтал басы ретінде қолданылады. Шығу спектрі 1 қосқыштары арқылы оптикалық спектральды анализатормен қосылады (OSA, YOKOGAWA, AQ6370, спектралды ажыратымдылық $0,02\text{nm}$). Онда нешестүрлі спектр анықталады. Өткізгіштіктің жоғалуы әртүрлі қоршаған ортаның ылғалдылығында ФПИ-мен модуляцияланғандықтан ылғалданудың ылғалдық сезімі талшықты лазердің шығу қуатына әсер етеді. Ылғалдылық сенсорын экспериментальды орнату, талшықты сақиналы лазерінің инкассавтикалық сезіміне негізделген, сондай ақ температураға сезімтал оптикалық талшықтың Брэгг торлы керішағылу спектрінің өзгерісін оптикалық спектральды анализатормен анықтайды.



3-сурет. Эксперименттік қондырғы: Талшықты лазердің жарық көзі, оптикалық циркулятор, датчик, нәтижелерді талдауға арналған компьютер, оптикалық спектрометр

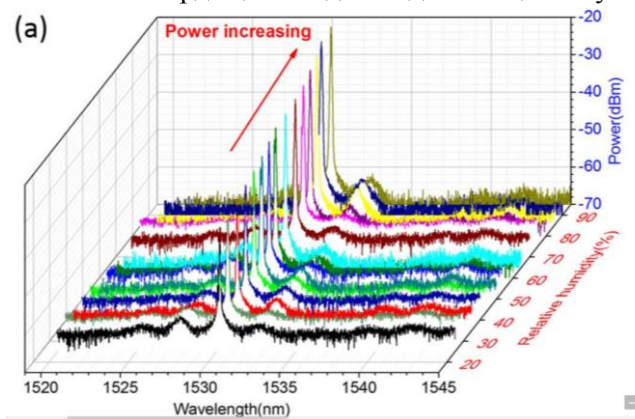
ФПИ өндірісінде, микроэлектромеханикалық жүйені жасауда кремний диафрагмасының жетілген әдістерін пайдаланылды, ол [24] баяндалған. Кремний диафрагмасының $2,5\text{мм} \times 2,5\text{мм}$ болатын шамамен қалыңдығы $10\mu\text{м}$. Қарама қарсы екі шағылысатын беттер ортада вакуумдық қуыс орта бар. 2% агароздық гель кремний диафрагмасына тамшылату арқылы құйылады. Агрозға гелі агрозға ұнтағын ыдыстағы тазартылған суда еріту арқылы дайындалады. Тұндыру процесінде шамамен агрозға қалыңдығы $1\mu\text{м}$ болады.

Ұсынылған ылғалдылық сенсорының оңтайландырылған сигналдан шуылға қатынасына қол жеткізу үшін, датчикті дайындауда Фабри-Перо интерферометрінің спектрінде шыңы арасындағы спектрлік қабаттасуды қамтамасыз ету қажет. Ол талшықты лазердің ішіндегі жоғалуын азайтады. Эксперименттерде жарықтың толқын ұзындығы шамамен 1500nm . ФПИ-ның толқын ұзындығымен арақатынасы ФП қуысының h ұзындығын өзгерту арқылы жасалады. Қоршаған орта ылғалдылығы 35% болғанда, ФПИ көрсететін спектрі 4-суреттегідей. ФПИ көрініс спектрінде максималды қарқындылығы бар шыңы шамамен 1530 nm , ал көрсетілім жоғалуы $-12,2\text{ dB}$. ФПИ толқын ұзындығының аралығы $15,5\text{ nm}$ құрайды.



4-сурет. Қоршаған ортаның салыстырмалы ылғалдылығы 35% болғанда, ФПИ-нің тиісті оптикалық талшықты лазер спектрлері.

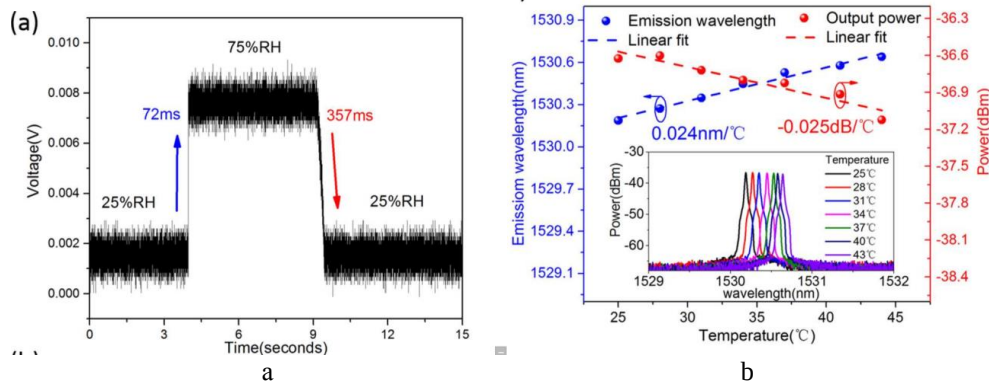
ФПИ әдісіне негізделген салыстырмалық ылғалдылық 20%-98% диапазонында құрайды. Қоршаған ортаның ылғалдылығы өзгерген кезде талшықты лазердің шығу спектрі 5(a)-суретте көрсетілгендей өлшеу нәтижелерін сипаттаған, талшықты лазердің шығу қуаты -36.78 dBm -ден -22.61 dBm дейін артады, себебі қоршаған ортаның ылғалдылығы 25% -дан 95% -ға дейін өзгереді. Салыстырмалы ылғалдылық 10% бойынша өзгергенде. Тиісінше сенсордың сигналдың шуылға қатынасы 30 dB -ден 45 dB -ға дейін артқан және өткізу қабілеті 3 dB , ол $0,05\text{ nm}$ кем болған. Ылғалдылық сезімталдығы $0.202\text{ dB} / \%$ деп өлшенеді. Тәжірибеде сенсордың жақсы сызықты екенін көрсетілген. Қоршаған ортаның салыстырмалы ылғалдылығы 20%-дан 90%-ға дейін өзгертіндіктен, Агрозаның сыну индексі $1,45$ -ден $1,48$ -ге дейін өлшенеді [23]. Тәжірибе нәтижесі сенсордың ылғалдылыққа сызықты жауап беретінін көрсетті.



5-сурет. (a) Қоршаған ортаның ылғалдылығы 25% -дан 90% -ға дейін өзгерген кездегі талшықты лазерінің шығу спектрі өзгерісі.

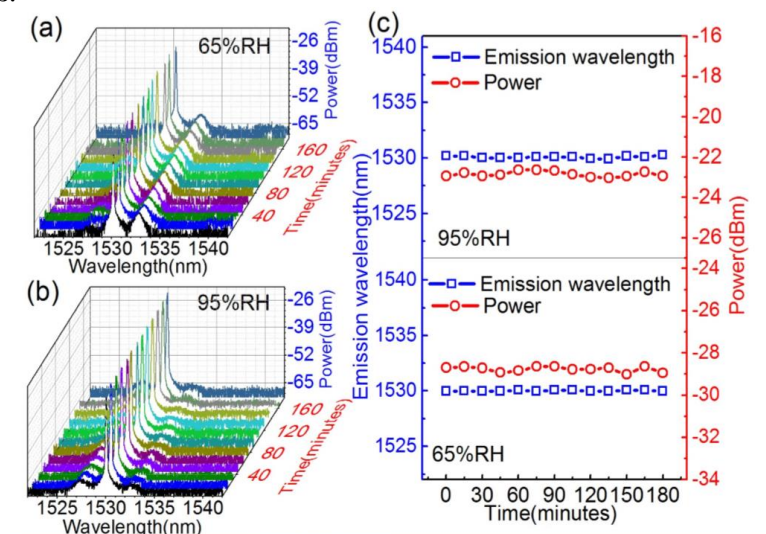
Датчиктің болжамды жауап беру уақыты 72ms тез болған. Қалпына келтіру уақыты шамамен 357 ms, бұл датчиктен алынған ылғалды ауа уақытына байланысты. Уақытты енгізу мен алып тастау уақытын есепке ала отырып, біз реакцияның нақты уақыты мен қалпына келтіру уақыты өлшенген уақытқа қарағанда қысқа деп ойлаймыз.

Датчик кросс-сезімталдығы, түрлі температурада талшықты лазердің спектрі болып табылады. Қоршаған ортаның температурасы 25 °C-тан 44 °C-қа дейін артады талшық лазерлі датчиктің сәулену толқын ұзындығы 1530.19 nm-тен 1530.64 nm-ге дейін ауысады және шығыс қуаты -36,64 дБм-ден -37,12 дБм дейін төмендейді. Төмен температура кросс сезгіштік -0,025 дБ/°C және 0,024nm/°C ретінде алынады. Төмен температура кросс сезімталдығы ФП қуысының төменгі жылу кеңеюінен пайда болды.



6-сурет. (a) датчиктің уақыт бойынша сезімталдық жауабы. (b) бөлменің салыстырмалы ылғалдылығы 25% кезінде өлшенген температура датчиктің температура бойынша сезгіштігі, бұл графикте қоршаған ортаның температурасы 25 °C пен 44 °C аралығында өзгерген.

Лазерлік датчиктер үшін шығыс параметрінің тұрақтылығы олардың қосымшаларын шектеуде маңызды болып табылады [14]. Датчиктің тұрақтылығын талдау үшін толқын ұзындығы мен шығу қуаты қоршаған ортаны салыстырмалы ылғалдылығы 65% және 95% деңгейінде белгілеу арқылы 180 минут ішінде өлшейді. Оптикалық талшықты лазердің шығу спектрі тиісінше 7(a) және 7(b)-суретте көрсетілген. Толқын ұзындығы мен қуат тұрақтылығы 7(c)-суретте талданады. Толқын ұзындығы мен қуат ауытқуының стандартты тиісінше 65% салыстырмалы ылғалдылық кезінде 0.101 nm және 0.129 дБм болған, ал стандартты ауытқулар 95% салыстырмалы ылғалдылық кезінде тиісінше 0.046 nm және 0.137 дБм құрайды. Нәтижелер датчиктің жақсы тұрақтылыққа ие екендігін көрсетеді. Датчикте процесс жақсы қайталанатындығын көрсетеді, ылғалдылыққа сезімталдығы мен нақты ауытқуы шамасы $\pm 2\%$ -данда аз.



7-сурет. Оптикалық талшықты лазерлік датчиктің ылғалдылыққа байланысты шығыс спектрі қоршаған ортаның салыстырмалы ылғалдылығын белгілеу арқылы (a) 65% салыстырмалы ылғалдылық және (b) 95% салыстырмалы ылғалдылық тиісінше 180 минут ішінде өлшенеді және (c) толқын ұзындығы мен қуат тұрақтылығы.

Жоғарыда көрсетілген нәтижелерге сай талшықты азердің сылыстрмалы ылғалдыққа жауаптарын алғаннан кейін температура деформациясын сезімтал брээ торларынан кері шағылған толқын ұзындықтарын анықтау арқылы температураның өзгерісін қадағалай аламыз.

Қортынды

Фабри-перо интерферометрі әдісіне негізделген ылғалдылыққа сезімтал агрозалық шағылысуын теориялық талдаулары жасалып тәжірибелік нәтижелер алынды, сондай-ақ оптикалық талшықтың Брэгг торлы кері шағылыструдың температураға байланысты деформацияға сезімталдығының математикалық теңдеуі құрылып [10-13] мақалалардағы көрсетілген нәтижелерге сай кері шағылысу спектр негізінде температураны анықтауға болатынын ұсындық.

ФПИ негізделген оптикалық талшықтың ылғалдылыққа байланысты агроза пленкасының жарықты шағылыстыруына эксперименталды түрде талдаулар жасалды. Лазерлік датчиктің сезімтал механизмін және оның сезімталдық көрсеткіштері сипатталды. Талшықты-лазердің салыстырмалы шығу қуаты 25% -дан 95% -ке дейінгі салыстырмалы ылғалдылықтың кең ауқымында қоршаған орта ылғалдылығына жақсы сызықтық жауап береді. Сондай-ақ сенсор тұрақтылығы талқыланды.

Оптикалық талшық негізіндегі ылғалдылық пен температураны анықтайтын датчик жоғары сезімталдыққа, тез жауап беруге, көлемі шағын және анти-электромагниттік кедергі сияқты артықшылықтарға ие.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] S. Park, J. Kang, J. Park, “One-bodied humidity and temperature sensor having advanced linearity at low and high relative humidity range” *Sensors and Actuators B* 76 322–326 (2001).
- [2] Clemens Eder, Virgilio Valente, Nick Donaldson, Andreas Demosthenous, “A CMOS Smart Temperature and Humidity Sensor with Combined Readout” 14, 17192-17211; doi:10.3390/s140917192 *Sensors* 2014.
- [3] Carlo Macaroni, Michele. A, Caponero, Rosaria D, Amato, Daniela Lo Presti, Emiliano Schena. “Fiber Bragg Grating Measuring System for Simultaneous Monitoring of Temperature and Humidity in Mechanical Ventilation” *Sensors* doi: 10.3390/s170407492 April 2017.
- [4] Williams.R, Rankin.N, Smith.T, Galler.D, Seakins.P, “Relationship between the humidity and temperature of inspired gas and the function of the airway mucosa”. *Crit. Care Med.* 1996, 24, 1920–1929.
- [5] W. C. Wong, C. C. Chan, L. H. Chen, T. Li, K. X. Lee, and K. C. Leong, “Polyvinyl alcohol coated photonic crystal optical fiber sensor for humidity measurement,” *Sens. Actuator B*, vol. 174, pp. 563-569, July 2012.
- [6] C. Huang, W. Xie, M. Yang, J. Dai, and B. Zhang, “Optical Fiber Fabry–Perot Humidity Sensor Based on Porous Al₂O₃ Film,” *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 27, no. 20, pp. 2127-2130, Oct. 2015.
- [7] J. Mathew, Y. Semenova, and G. Farrell, “Effect of coating thickness on the sensitivity of a humidity sensor based on an Agarose coated photonic crystal fiber interferometer,” *Opt. Express*, vol. 21, no. 5, pp. 6313-6320, Mar. 2013.
- [8] C. Zhao, Q. Yuan, L. Fang, X. Gan, and J. Zhao, “High-performance humidity sensor based on a polyvinyl alcohol-coated photonic crystal cavity,” *Opt. Lett.*, vol. 41, no. 23, pp. 5515-5518, Dec. 2016.
- [9] Lagakos, N., Bucaro, J. and Jarzynski, J. Temperature-induced optical phase shifts in fibers. *Appl. Opt.*, 1981, 20, 2305–2308.
- [10] W. Zhang, D. J. Webb, and G.-D. Peng, “Investigation into Time Response of Polymer Fiber Bragg Grating Based Humidity Sensors,” *J. Lighth. Technol.*, vol. 30, no. 8, pp. 1090–1096, Apr. 2012.
- [11] X. Chen, W. Zhang, C. Liu, Y. Hong, and D. J. Webb, “Enhancing the humidity response time of polymer optical fiber Bragg grating by using laser micromachining,” *Opt. Express*, vol. 23, no. 20, pp. 25942-25949, Oct. 2015.
- [12] G. Woyessa, K. Nielsen, A. Stefani, C. Markos, and O. Bang, “Temperature insensitive hysteresis free highly sensitive polymer optical fiber Bragg grating humidity sensor,” *Opt. Express*, vol. 24, no. 2, pp. 1206-1213, Jan. 2016.
- [13] C. Massaroni, M. A. Caponero, R. D’Amato, D. L. Presti, and E. Schena, “Fiber Bragg Grating Measuring System for Simultaneous Monitoring of Temperature and Humidity in Mechanical Ventilation,” *Sensors*, vol. 17, no. 4, pp. 749, Apr. 2017.
- [14] C. Wang, B. Zhou, H. Jiang, and S. He, “Agarose Filled Fabry–Perot Cavity for Temperature Self-Calibration Humidity Sensing,” *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 28, no. 19, pp. 2027-2030, Oct. 2016.
- [15] S. Pevec, and D. Donlagic, “Miniature all-silica fiber-optic sensor for simultaneous measurement of relative humidity and temperature,” *Opt. Lett.*, vol. 40, no. 23, pp. 5646-5649, Dec. 2015.
- [16] B. Du, D. Yang, X. She, Y. Yuan, D. Mao, Y. Jiang, and F. Lu, “MoS₂based all-fiber humidity sensor for monitoring human breath with fast response and recovery,” *Sens. Actuators B*, vol. 251, pp. 180–184, May 2017.
- [17] Bariain, C.; Matias, I.R.; Arregui, F.J.; Lopez-Amo, M. “Optical fiber humidity sensor based on a tapered fiber coated with agarose gel”. *Sens. Actuators B Chem.* 2000, 69, 127–131, doi:10.1016/S0925-4005(00)00524-4.

- [18] Z. Liu, Z. Tan, B. Yin, Y. Bai, and S. Jian, "Refractive index sensing characterization of a singlemode-claddingless-singlemode fiber structure based fiber ring cavity laser," *Opt. Express*, vol. 22, no. 5, pp. 5037-5042, Mar. 2014.
- [19] X. Bai, D. Fan, S. Wang, S. Pu, and X. Zeng, "Strain sensor based on fiber ring cavity laser with photonic crystal fiber in-line Mach-Zehnder interferometer," *IEEE Photonics J.*, vol. 6, no. 4, pp. 6801608, Aug. 2014.
- [20] J. Shi, Y. Wang, D. Xu, H. Zhang, G. Su, L. Duan, C. Yan, D. Yan, S. Fu, and J. Yao, "Temperature Sensor Based on Fiber Ring Laser With Sagnac Loop," *IEEE Photon. Technol. Lett.*, vol. 28, no. 7, pp. 794-797, Apr. 2016.
- [21] W. Zhang, D. J. Webb, and G.-D. Peng, "Investigation into Time Response of Polymer Fiber Bragg Grating Based Humidity Sensors," *J. Lightw. Technol.*, vol. 30, no. 8, pp. 1090-1096, Apr. 2012.
- [22] T. Liu, J. Yin, J. Jiang, K. Liu, S. g Wang, and S. Zou, "Differential pressure-based fiber-optic temperature sensor using Fabry-Perot interferometry," *Opt. Lett.*, vol. 40, no. 6, pp. 1049-1052, Mar. 2015.
- [23] R. Gao, Y. Jiang, and W. Ding, "Agarose gel filled temperature insensitive photonic crystal fibers humidity sensor based on the tunable coupling ratio," *Sens. Actuators B*, vol. 195, pp. 313-319, Jan 2014.
- [24] G. Berruti, M. Consales, A. Borriello, M. Giordano, S. Buontempo, A. Makovec, G. Breglio, P. Petagna, and A. Cusano, "A Comparative Study of Radiation-Tolerant Fiber Optic Sensors for Relative Humidity Monitoring in High-Radiation Environments at CERN," *IEEE Photonics J.*, vol. 6, no. 6, pp. 0601015, Dec. 2014.

Хабай Анар, Чжи Ван, М.К Бактыбаев, А.А Кембаева

Датчика измерения температуры и влажности на основе оптического волокна

Резюме: Представлены инкассавитический чувствительность волоконно оптики зависимость к влажности основанные на интерферометры Фабри-Перот (ИФП), проэкспериментированы. Даны характеристики лазерно сенсорной чувствительного механизма и его параметры чувствительности. Анализированы изменения деформации волокон в зависимости от температуры основанные на эффекте спектрального отражения Брэгговской решетки (ОБР). На основе этих анализов предложены принцип работы оптического волоконного датчика, который измеряет влажность и температуру.

Ключевые слова: датчик температуры и влажности, интерферометр Фабри-Перо, Брэгговский волоконный решетка, относительная влажность, однородный волокно.

Khabai Anar, Zhi Wang, M.K.Baktybaev, A.A kembaeava

Temperature and humidity measurement based on the optical fiber sensor

Summary: Proposed the infrasonic laser sensitivity to humidity-dependent based on optical fibers of the Fabry-Perot interferometers experimentally demonstrated. A laser sensory sensitive mechanism and their sensitivity parameters described. The analysis for the change in the strain of the fibers, depending on the temperature, based on the fiber Bragg grating (FBT) reverse reflective effect.

Providing the principle of the working optical fiber sensor, which measures the humidity and temperature by uniformity based on these analyzes.

Keywords: Temperature and humidity sensor, Fabry-Perot Interferometer, Fiber Bragg Grating, relative humidity, Single mode fiber.

UDC 535.541

B. Duamet, B.P. Kalauov

(Kazakh national research technical university named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: bahat62@yahoo.com)

RESEARCH OF HALFWAVE LOSS WHEN LIGHT WAVES ARE REFLECTED AT INTERFACE OF TWO MEDIUMS

Abstract. There is usually the problem of halfwave loss when light waves are reflected at the interface of two media in wave optics. However, many textbooks fail to explain the reasons and conditions of halfwave loss. In this paper, the authors discuss the problem of halfwave loss in detail based on the fundamental theory of electromagnetism. Furthermore, the authors comprehensively explain the experimental result of halfwave loss when light is reflected at the interface of two media.

Key words. light waves, Frensel formula, half wave loss, reflectance, refraction, phase difference, optical path difference.

ЖАРЫҚ ТОЛҚЫНЫНЫҢ ТЫҒЫЗ ОРТАШЕКАРАСЫНАН ШАҒЫЛҒАН КЕЗДЕГІ ЖАРТЫ ТОЛҚЫН ЖОҒАЛУ ҚҰБЫЛЫСЫН ЗЕРТТЕУ

Түйіндеме. Жарық толқыны сирек ортадан таралып келіп тығыз орта шекарасынан шағылған кезде жарты толқын жоғалу құбылысы пайда болады. Жарты толқын жоғалу дегеніміз жарық сыну көрсеткіші төмен ортадан сыну көрсеткіші жоғары орта шекарасына келіп түскенде шағылған сәуле мен түскен сәуле арасындағы фазалар айырымы π -ге тең болатын құбылысты айтады. Фазалар айырымы мен оптикалық жол айырымы арасындағы байланыс өрнегі бойынша фазалар айырымы π болған кезде, түскен сәуле мен шағылған сәуле арасындағы оптикалық жол айырымы $\lambda/2$ -ге тең болады, яғни, шағылған сәуле түскен сәулеге қарағанда жарты толқын ұзындығына тең жолды артық жүреді. Бұл жұмыстың негізгі мақсаты электромагниттік өріс теориясының Френель өрнегі арқылы жарты толқын жоғалу құбылысын теориялық тұрғыдан дәлелдеу.

Түйін сөздер: жарық толқыны, френель өрнегі, жарты толқын жоғалу, шағылу, сыну, фазалар айырымы, оптикалық жол айырымы.

Жарық толқыны деп жиілігі өте тар аумақтағы толқын ұзындығы 400÷700 нм аралығындағы көзге көрінетін электромагниттік толқындарды айтады. Жарық толқынының электр векторы $\vec{E}$ мен магнит векторы $\vec{H}$ екеуінің ішіндегі адам көзіне және оптикалық қондырғыларға әсер ететіні негізінен электр векторы $\vec{E}$ болып табылады. Сондықтан жарық толқынының электр векторын жарық векторы деп атайды. Электромагниттік толқындар (жарық толқындары) екі түрлі ортаның шекарасына келіп түскен кезде шағылады және сынады. Егер екі ортаның шекарасына келіп түскен жарық сәулесінің тербеліс фазасы мен шағылған сәуленің тербеліс фазасының айырымы π -ға тең болса, онда түскен және шағылған сәулелердің оптикалық жол айырымы жарты толқын ұзындығына тең болады.

Жарты толқын жоғалу үшін төмендегі екі шарт орындалуы керек. Біріншісі, жарық сирек ортадан тығыз орта шекарасына түсуі, екіншісі, түсу бұрышы 0° немесе 90° -қа жуық болуы, яғни түскен сәуле мен шағылған сәуле шамамен бір түзу сызық бойында болуы қажет. Егер екінші шарт қанағаттанбаса түскен жарық толқыны мен шағылған жарық толқынының тербеліс фазасында айырмашылық болады, бірақ ол фазалар айырымы π -ге тең болмайды. Бұл кездегі оптикалық жол айырымы жарты толқынға тең болмайды, яғни одан өзгеше болады.

Түскен, шағылған және сынған сәулелер арасындағы байланысты Френельдің төменде көрсетілген (1) – (4) теңдеулері арқылы қарастырамыз. Екі ортаның шекарасына түскен, шағылған және сынған сәулелердің электр өрісінің амплитудалық векторларын E_1 , E_1' , E_2 және түсу бұрышын i_1 , сыну бұрышын i_2 деп белгілесек, онда Френель өрнегін былай жазуға болады:

$$\frac{E_{s1}'}{E_{s1}} = -\frac{\sin(i_1 - i_2)}{\sin(i_1 + i_2)}, \quad (1)$$

$$\frac{E_{p1}'}{E_{p1}} = \frac{\operatorname{tg}(i_1 - i_2)}{\operatorname{tg}(i_1 + i_2)}, \quad (2)$$

$$\frac{E_{s2}}{E_{s1}} = \frac{2 \sin(i_2) \cos(i_1)}{\sin(i_1 + i_2)}, \quad (3)$$

$$\frac{E_{p2}}{E_{p1}} = \frac{2 \sin(i_2) \cos(i_1)}{\sin(i_1 + i_2) \cos(i_1 - i_2)}, \quad (4)$$

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta. \quad (5)$$

Мұндағы (1) және (3) өрнек жарық векторының шекара бетке перпендикуляр бағыттағы құраушысын сипаттаса, ал (2) және (4) өрнек жарық векторының шекара бетке параллель бағыттағы құраушысын сипаттайды. (5) өрнек жарық толқынының фазалар айырымы $\Delta\varphi$ мен оптикалық жол айырымы Δ арасындағы байланысты есептеуге арналады. E_{s1} , E_{p1} векторлары шекара бетке түскен E_1 векторының жоғарыдағы аталған екі бағыт бойынша құраушылары. E_{s1}' , E_{p1}' векторлары шашыраған сәуле E_1' -тың екі бағыт бойынша құраушы векторлары. E_{s2} және E_{p2} екі векторы сынған сәуле E_2 векторының жоғарыда аталған екі бағыт бойынша құраушы векторларын көрсетеді.

Біз алдымен жарықтың оптикалық сирек ортадан келіп оптикалық тығыз орта шекарасынан шағылған кездегі жағдайды қарастырамыз. Одан кейін жарық оптикалық тығыз ортадан келіп сирек орта шекарасынан шағылған кездегі жағдайды қарастырып өтеміз. Оптикалық сирек және оптикалық тығыз орталар, бұл, (абсолют) сыну көрсеткіштері кіші және үлкен орталар ($n_2 > n_1$). Түскен сәуленің екі құрама векторлары E_{s1} , E_{p1} екеуі де оң бағытта, яғни $E_{s1} > 0$ және $E_{p1} > 0$ болсын деп алайық. Оптикалық жол айырымы $\lambda/2$ -ға өзгеру үшін ең әуелі фазалар айырымы π -ға өзгеруі керек. Ал фазалар айырымы π -ға өзгеруі үшін электр векторының түсу жазықтығына перпендикуляр және параллель екі құраушы векторының екеуінің бағыты да шағылғаннан кейін 180° -қа, яғни π -ға өзгеруі керек. Сонда ғана жарты толқын жоғалу құбылысы пайда болады. Егер екі құраушы вектордың тек біреуінің бағыты ғана өзгерсе онда жарты толқын жоғалу құбылысы пайда болмайды.

1. Жарық сәулесі оптикалық сирек ортадан келіп оптикалық тығыз орта шекарасынан шағылған кезде: $n_2 > n_1$.

а) Түсу бұрышы $i_1 \approx 90^\circ$ болған жағдайды қарастырсақ, $n_2 > n_1$ байланысы және сыну заңы $n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$ бойынша түсу бұрышы сыну бұрышынан үлкен болатынын $i_1 > i_2$ білуге болады. Түсу бұрышы $i_1 \approx 90^\circ$ болғандықтан $i_1 + i_2 > 90^\circ$.

Бірінші өрнек бойынша $E_{s1}' = -E_{s1} < 0$;

Екінші өрнек бойынша $E_{p1}' = -E_{p1} < 0$.

Жоғарыдағы қорытынды бойынша $E_1' = -E_1$ шағылған сәуле мен түскен сәуленің амплитудасының электр векторлары бір-біріне қарама-қарсы болғандықтан фазалар айырымы π -ге, ал оптикалық жол айырымы (5) өрнек бойынша $\lambda/2$ -ға тең болады. Яғни жарты толқын жоғалу құбылысы пайда болады.

б) Шекара бетке тік түскен, яғни түсу бұрышы $i_1 \approx 0^\circ$ болған жағдайды қарастырсақ, $n_2 > n_1$ байланысы және сыну заңы $n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$ бойынша түсу бұрышының сыну бұрышынан үлкен болатынын $i_1 > i_2$ білуге болады. Түсу бұрышы $i_1 \approx 0^\circ$ болғандықтан $i_1 + i_2 > 0^\circ$.

Бірінші өрнек бойынша $E_{s1}' = -E_{s1} < 0$;

Екінші өрнек бойынша $E_{p1}' = -E_{p1} < 0$.

Жоғарыдағы қорытынды бойынша $E_1' = -E_1$ шағылған сәуле мен түскен сәуленің амплитудасының электр векторлары бір-біріне қарама-қарсы болғандықтан фазалар айырымы π -ге, ал оптикалық жол айырымы (5) өрнек бойынша $\lambda/2$ -ға тең болады. Яғни жарты толқын жоғалу құбылысы пайда болады.

в) Түсу бұрышы сүйір бұрыш $0 < i_1 < 90^\circ$ болған жағдайды қарастырайық. Бұл кезде шашыраған және түскен жарық векторларының сәйкес бағыттағы амплитудасының қатынасының модулі өзара тең болмай қалады.

$$\left| \frac{E_{s1}'}{E_{s1}} \right| \neq \left| \frac{E_{p1}'}{E_{p1}} \right| \text{ сондықтан жарты толқын жоғалу құбылысы пайда болмайды.}$$

2. Жарық сәулесі тығыз ортадан сирек орта шекарасына түсіп шағылған кезде: $n_2 < n_1$

а) Түсу бұрышы $i_1 \approx 90^\circ$ болған жағдайды қарастырсақ, $n_2 < n_1$ байланысы және сыну заңы $n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$ бойынша түсу бұрышы сыну бұрышынан кіші болатынын $i_1 < i_2$ байқауға болады. Түсу бұрышы $i_1 \approx 90^\circ$ болғандықтан $i_1 + i_2 > 90^\circ$.

Бірінші өрнек бойынша $E_{s1}' = E_{s1} > 0$;

Екінші өрнек бойынша $E_{p1}' = E_{p1} > 0$.

Жоғарыдағы қорытынды бойынша $E_1' = E_1$ шағылған сәуле мен түскен сәуленің амплитудасының электр векторлары өзара бағыттас болғандықтан фазалар айырымы 0 -ге, оптикалық жол айырымы да 0 -ге тең болады. Яғни жарты толқын жоғалу құбылысы пайда болмайды.

б) Шекара бетке тік түскен яғни түсу бұрышы $i_1 \approx 0^\circ$ болған жағдайды қарастырсақ, $n_2 < n_1$ байланысы және сыну заңы $n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$ бойынша түсу бұрышы сыну бұрышынан кіші болатынын $i_1 < i_2$ байланысын байқауға болады. Түсу бұрышы $i_1 \approx 0^\circ$ болғандықтан

$$i_1 + i_2 > 0^\circ.$$

Бірінші өрнек бойынша $E_{s1}' = E_{s1} > 0$;

Екінші өрнек бойынша $E_{p1}' = -E_{p1} < 0$.

Жоғарыдағы қорытынды бойынша $E_1' = E_1$ шағылған сәуле мен түскен сәуленің амплитудасының электр векторлары бір-бірімен бағыттас болғандықтан фазаларайырымы 0-ге, оптикалық жол айырымы да 0-ге тең болады. Яғни жарты толқын жоғалу құбылысы пайда болмайды.

в) Түсу бұрышы сүйір бұрышы $0 < i_1 < 90^\circ$ болған жағдайды қарастырсақ, онда $\left| \frac{E_{s1}'}{E_{s1}} \right| \neq \left| \frac{E_{p1}'}{E_{p1}} \right|$

өрнегінен жарты толқын жоғалу құбылысы болмайтындығын көруге болады.

3. Түскен сәуле мен сынған сәуле арасында жарты толқын жоғалу құбылысы болмайды. Жарық сәулесі оптикалық сирек ортадан оптикалық тығыз ортаға өткенде немесе тығыз ортадан сирек ортаға

өтіп сынған кезде (3) және (4) өрнек бойынша $\frac{E_{s2}}{E_{s1}} > 0$, $\frac{E_{p2}}{E_{p1}} > 0$ сынған сәуленің электр векторының екі

тербеліс құраушы фазасының таңбасы өзгермейді. Яғни түскен сәуле мен сынған сәуленің электр векторының тербеліс фазасы бағыттас (бірдей) болғандықтан, фазалар айырымы нөлге тең болады. Бұл, түскен сәуле мен сынған сәулелер арасында жарты толқын жоғалу құбылысы пайда болмайды дегенді білдіреді.

4. Қорытынды.

а) Жарық толқыны сыну көрсеткіші кіші сирек ортадан таралып келіп сыну көрсеткіші үлкен тығыз орта шекарасына түсіп шағылған кезде, егер түсу бұрышы 0° немесе 90° -қа жуық болса, түсу нүктесінде жарты толқын жоғалу құбылысы пайда болады. Яғни түскен сәуле мен шағылған сәуле арасында электр векторының тербеліс фазалар айырымы π -ге тең болады.

б) Жарық толқыны сыну көрсеткіші үлкен тығыз ортадан таралып келіп сыну көрсеткіші кіші сирек орта шекарасына түсіп шағылған кезде, егер түсу бұрышы 0° немесе 90° -қа жуық болса, түсу нүктесінде жарты толқын жоғалу құбылысы пайда болмайды. Яғни түскен сәуле мен шағылған сәулеарасында электр векторының тербеліс фазалар айырымы 0-ге тең болады.

в) Жарық сәулесі оптикалық сирек ортадан оптикалық тығыз орта шекарасына түсіп шағылғанда немесе оптикалық тығыз ортадан оптикалық сирек орта шекарасына түсіп шағылғанда, егер түсу бұрышы $0 < i_1 < 90^\circ$ болса, түсу нүктесінде жарты толқын жоғалу құбылысы пайда болмайды.

г) Жарық сәулесі оптикалық сирек ортадан оптикалық тығыз ортаға өткенде немесе тығыз ортадан сирек ортаға өтіп сынған кезде, түсу нүктесінде түскен сәуле мен сынған сәуле арасында жарты толқын жоғалу болмайды. Түскен сәуле мен сынған сәуленің электр векторының тербеліс фазалары бағыттас болғандықтан фазалар айырымы 0-ге тең болады.

Жоғарыдағы қорытындыға негізделе отырып, шағылған сәуле мен түскен сәуленің фазалар айырымының π -ге тең болуы жарты толқын жоғалудың ең негізгі себебі екендігін көрсетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Савельев И.В. Жалпы физика курсы: II Том. Электр және магнетизм. - М.: Наука баспасы, 2004 ж. - 336 б.
- [2] Қойшыбаев Н.Қ. Жалпы физика курсы: Оқулық. - Алматы: Зият Пресс, 2005. III том. - 340 б.
- [3] Қойшыбаев Н.Қ. Жалпы физика курсы: Оқулық. - Алматы: Зият Пресс, 2005. IV том. - 390 б.
- [4] Савельев И.В. Курс общей физики: Учеб. пособие для вузов: В 3 т. Т.2. Электричество Колебания и волны. Волновая оптика. - М. ; Краснодар : Лань, 2007. - 480 с
- [5] Дуаметұлы Б. Жалпы физика курсының негіздері. ҚазҰТУ, 2012 ж. - 217 б.
- [6] Бегимов Т.Б., Исмагулова М.Ш., Мухамедғалиева М.А. Оптика и атомная физика. Учебное пособие. Физический практикум. Алматы: КазНТУ, 2012 г.
- [7] Ф. Полатбеков. Оптика. Алматы: Мектеп, 1981ж.
- [8] Alexander I. Lvovsky. Encyclopedia of Optical Engineering, Fresnel Equations. Department of Physics and Astronomy, University of Calgary, Calgary, Alberta, Canada. Taylor & Francis, 2013.
- [9] TUO Youkang, CHEN Ximing. Halfwave loss when light waves are reflected at interface of two mediums. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications. Vol.16, No.6, Dec. 2004.
- [10] XU Shichi. Analysis of half wave loss of the electromagnetic wave. Journal of shangrao normal university. Vol.29, No.3, Jun. 2009.

- [11] TAO Zhiwei, LIU Hanzhe. The Discussion about Half-wave Loss in Reflection Surface. Journal of Yunnan University for Nationalities (Natural Sciences Edition) Vol.12, NO.3, Jul.2003.
- [12] TUO Youkang, CHEN Ximing. Half wave loss when light waves are reflected at interface of two mediums. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications. Vol.16, No.6, Dec.2004.
- [13] JIANG Yue, GUO xiaojian. Two issues on the half-wave loss problem. Journal of Nanjing Xiaozhuang university. No. 6, Nov. 2015.
- [14] M. Born and E. Wolf, *Principle of Optics* (Pergamon, Oxford, 7th expanded Edition, 1999), p. 47.
- [15] W. R. McCluney, *Introduction to Radiometry and Photometry*, Artech House (1994) 7–13.
- [16] D.B. Judd, "Fresnel Reflection of Diffusely Incident Light," J. of the National Bureau of Standards, Vol.29, 329–332.
- [17] Hayt, W.H. *Engineering Electromagnetics*, 6th ed.; McGraw Hill: Boston, MA, 2000; p 394.
- [18] Born, M.; Wolf, E. *Principles of Optics*; Cambridge University Press; 1999; p 753.
- [19] Maezawa H, Miyauchi H. Rigorous expressions for the Fresnel equations at interfaces between absorbing media. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis. 2009 Feb;26(2):330-6.
- [20] Simovski C.R., Application of the fresnel formulas for reflection and transmission of electromagnetic waves beyond the quasi-static approximation. Journal of Communications Technology and Electronics. September 2007, Volume 52, Issue 9, pp 953–971.

Дуаметұлы Б., Калауов Б.П.

Исследование явления полуволновых потерь в световых волнах при отражении на границе двух сред

Резюме. Обычно в волновой оптике возникает явление полуволновых потерь в световых волнах, излучаемых на границах двух сред. Однако, хотя многие учебники описывают явление полуволновой потери, он не объясняет, почему и какие обстоятельства могут возникнуть. В этой статье авторы изучают проблему полуволновых потерь, основанную на фундаментальной теории электромагнетизма. Кроме того, авторы подробно объясняют условия, при которых световые волны, излучаемые на границах двух контуров, были бы полуволновой потерей.

Ключевые слова: световая волна, формула Френеля, полуволновые потери, отражение, преломление, разность фаз, оптическая разность хода.

Duamet B., Kalauov B.P.

Research of Halfwave loss when light waves are reflected at interface of two mediums

Summary. There is usually the problem of halfwave loss when light waves are reflected at the interface of two media in wave optics. However, many textbooks fail to explain the reasons and conditions of halfwave loss. In this paper, the authors discuss the problem of halfwave loss in detail based on the fundamental theory of electromagnetism. Furthermore, the authors comprehensively explain the experimental result of halfwave loss when light is reflected at the interface of two media.

Key words. light waves, Frensel formula, half wave loss, reflectance, refraction, phase difference, optical path difference.

УДК 681.542.6:622.78

N. Toktassynova, B. Suleimenov, L. Boleeva

(Institute of Information and Telecommunication Technologies,

Satpaev University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: nigina_1992_02_07@mail.ru)

MODERN STATE OF SYNTHESIS METHODS OF BURN THROUGH POINT CONTROL SYSTEMS OF SINTERING BURNING

Abstract. The sintering process of phosphorite ores occurs with a large amount of return caused by ineffective process control. The control task of the phosphorite ore sintering is to change two basic parameters of the process: the strand speed and the pressure in wind boxes to obtain high quality sinter. The parameter clearly defining the sinter quality is a temperature in the wind box (burn through point (BTP)), at which the temperature of the charge reaches its highest level. The definition of the BTP is a complex task because of the nonlinearity of the process. In this paper, we present the results of papers about existing methods for determining BTP of the sinter process.

Key words: burn through point, sintering process, prediction, neural network, control system.

Н. Токтасынова¹, Б. Сулейменов¹, Л. Болеева²

¹Сатпаев Университет, Казахстан, Алматы

²Таразский государственный университет им. М.Х.Дулати

E-mail: nigina_1992_02_07@mail.ru)

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТОДОВ СИНТЕЗА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТОЧКОЙ СПЕКА ПРИ АГЛОМЕРАЦИОННОМ ОБЖИГЕ

Аннотация. Процесс спекания фосфоритовых руд происходит с большим количеством возврата, вызванным неэффективным управлением. Задача управления спеканием фосфоритовой руды заключается в изменении основных параметров протекания процесса, таких как скорость движения агломашины, разрежение в вакуум камерах, содержание кокса в исходной шихте и др., для получения агломерата высокого качества. Параметром, явно определяющим качество агломерата, является точка спека агломерата, при которой температура шихты достигает высшей отметки. Определение данной точки является сложной задачей ввиду нелинейности рассматриваемого процесса. В данной работе изложены результаты анализа работ, в которых рассмотрены существующие методы определения точки спека агломерационного процесса.

Ключевые слова: точка спека, агломерационный процесс, прогнозирование, нейронные сети, система управления.

Введение. Агломерация в металлургии представляет собой тепловой процесс, при котором происходит спекание металлургической шихты, составленной из гранул руды, концентратов и топлива (кокса). Ввиду нелинейности процесса, управление качеством в реальном режиме времени представляет собой сложную задачу. На практике часто воздействие на процесс происходит уже после получения готового продукта, что приводит к большому количеству возврата и затратам на повторное спекание. В связи с этим возникает необходимость заранее прогнозировать качество агломерата, и проводить управление на основе данных прогноза.

Одним из ключевых показателей качества спекания агломерата является точка спекания, указывающая на завершение процесса агломерации, и представляющая собой точку с наивысшей температурой. Часто точка спекания определяется оператором и на основе этого прогноза определяется необходимость изменения параметров протекания процесса. С быстрым развитием методов прогнозирования появилось огромное количество систем, позволяющих проводить прогноз точки спекания агломерата на основе исторических данных и данных текущего процесса, в результате чего повышается производительность процесса и улучшается качества готового продукта.

Анализ. В связи с развитием и широким распространением нейронных сетей большое количество работ, связанных с прогнозированием, использует данный метод в различных областях исследований. В проблеме управления точкой спека агломерационного процесса *нейронным сетям* отведен огромный пласт работ. Так, например, в работе [i], введенный авторами параметр – математическая точка изгиба температурной кривой агломерационных газов, измеряемом в середине аглоленты – в разные моменты времени (600 групп данных) подается на вход многослойной нейронной сети, выход которой прогнозирует значений точки спека на 5 шагов вперед. Прогнозная ошибка данной модели составила 0.15, при обучении сети на выборке из 600 групп данных. Нейронная сеть применяется и в работе [ii], на ее вход подаются значения скорости аглоленты и положения точки спека в предыдущие моменты времени. Сеть, совместно с обучающим алгоритмом, используются для обновления параметров модели точки спека, образуя при этом идентификатор нейронной сети, использующийся в адаптивном методе нахождения полюса (положения). В работе [iii] для интеллектуального управления агломерационным процессом железных руд на вход нейронной сети подаются данные по текущему положению точки спека, температуре в середине и конце процесса и скорости аглоленты, результатом является прогноз точки спека. Нейронные сети, используемые авторами в работе [iv] для синтеза модели точки спека железных руд, обучены на наборе из 10 000 данных. Набор данных включает в себя параметры процесса (скорость аглоленты, температура зажигания, высота слоя, проницаемость слоя, доля возврата, топлива и влаги) и параметры соотношений (доля возврата, топлива и влаги, известняка, руды и т.д). Результат прогноза и реальные значения точки спека далее поданы на мультилинейную регрессионную модель для компенсации ошибки нейронной сети. При этом максимальная ошибка прогноза составила 1.3 м.

Некоторые работы используют 2 *прогнозные модели* точки спека: временную и технологическую. Так для прогноза проницаемости свинцово-цинковых руд в работе [v] на вход временной нейронной сети подаются 6 предыдущих значений по проницаемости, а для технологической нейронной сети

входом являются температура огня, влажность, содержание серы, свинца, диоксида кремния, скорости. В работе [vi] в качестве временной последовательности применяется серая модель GM(1,1) точки спека свинцово-цинковых руд, а на вход технологической нейронной сети подаются параметры проницаемости шихты и скорости паллеты. В работе [vii] для прогнозирования точки спека железных руд, также используют интеграцию серой модели и нейронных сетей. Результат вычисления по серой модели (температура газа в вакуум-камерах) является одним из входов нейронной сети обратного распространения ошибки, наряду со скоростью агломашины и позицией аглоленты в точке спека в текущий момент времени. Авторы работ с двумя прогнозными моделями используют нечеткий экспертный контроллер, который поддерживает желаемое положение точки спека в заданных границах. Нейронная сеть обучаемая с помощью нечетких множеств, представлена в работе [viii] для прогноза точки спекания. На вход нейронной сети поданы выборка из 80 значений температуры под аглолентой, скорости аглоленты и параметра, связанного с ней. Первый слой сети представляет собой входы, второй слой отвечает за лингвистическое значение и применяется для расчета функции принадлежности каждого компонента, каждый узел третьего слоя представляет собой нечеткие правила, последний слой является выходом сети.

Помимо стандартных алгоритмов обучения нейронной сети используются *генетические алгоритмы*, предназначенные для оптимизации значения весов нейронной сети. Так, в работе [ix] для системы управления точкой спека при агломерации железных руд использовался адаптивный генетический алгоритм, где входным слоем нейронной сети являются параметры исходного материала, плотности, скорости аглоленты и температуры зажигания, а выходной слой отвечает за значения температуры и давления агломерационных газов и газов в вакуум камере. Генетическая нейронная сеть использовалась для системы прогнозирования точки спека железных руд и в работе [x], где на вход подавались 707 групп данных, полученных в результате *кластеризации* и классификации векторов температуры и давления от 18 вакуум-камер. Вся система адаптивной структурной кластеризации использовала методы пространственной кластеризации исходных данных, самоорганизующейся карты нейронной сети для извлечения свойств релевантности данных и карты Кохонена для обучения LVQ-сети.

Идея кластеризации была использована и в работе [xi] для синтеза модели прогнозирования точки спека железных руд. Модуль кластеризации К-средних, на вход которого подается модель проницаемости холодной шихты, значения температуры зажигания и коксового остатка, используется для формирования кластеров. Модель прогноза в данной работе *не использует алгоритмы нейронных сетей*, а полученные кластеры подаются на вход динамической модели температуры и разряжения. Динамическая модель построена с использованием алгоритма нового генетического программирования.

Модели, не использующие для прогноза точки спека нейронные сети, основываются на *уравнениях изменения температуры или времени спека*. Так, например, в работе [xii] прогнозное значение времени спека, определяется по методу наименьших квадратов на основе исторических данных и, в зависимости от сигнала событийной модели, которая определяет время до конца движения паллеты, осуществляется управление скоростью аглоленты. Событийная модель управления точкой спека железных руд, представлена как линейная, постоянная по времени дискретная модель в пространстве состояний, использующая идею разбивки непрерывной модели на дискретные события. В работе [xiii] используется параболическая модель изменения температуры управления точкой спека, составленное по измеренным значениям в трех вакуум-камерах. Она используется для определения объема аглогазов и коррекции основного сигнала – объема агломерационных газов, вычисляемого из объема кислорода, влажности, данных по композиции шихты. В работе [xiv] рассмотрена двухуровневая иерархическая система управления точкой спека и вертикальной скоростью спекания агломерационного процесса железных руд. Предложенная авторам модель точки спека, представляет собой кусочно-квадратичную зависимость температуры от позиции на аглоленте, которая используется при нестабильном протекании процесса. При стабильном протекании процесса агломерации вертикальная скорость спекания рассчитывается с помощью исторических данных о скорости аглоленты и высоте шихты.

Не используется нейронная сеть и в работе [xv], где управление положением точки спека железных руд разделено на 2 части: замкнутая модель идентификации и обобщенная прогнозная модель управления. В первой части на основе авторегрессионной экзогенной модели, на вход которой подаются значения скорости аглоленты, количества влаги, высоты шихты, объема воздуха и разряжения, рассчитывается положение точки спека. Здесь используется метод замкнутой системы идентификации, который служит для динамического определения параметров модели. Во второй части на основе передаточной функции, полученной с идентификационной модели, производится прогноз точки спека, для управления скоростью аглоленты.

Обсуждение. Исходя из проведенного литературного обзора можно сделать следующие выводы:

- для прогноза точки спека используются данные по (1) вертикальной скорости спекания, определяемые по объему агломерационных газов, разрежению, свойствам исходного материала, проницаемости, высоте шихты и др.; (2) температуре в вакуум-камерах или агломерационных газов; (3) скорости движения аглоленты; (4) предыдущим значениям точек спека;
- для построения прогнозных моделей используется большой объем исходной выборки для получения точных моделей;
- управление точкой спека осуществляется через изменение скорости движения аглоленты;
- в связи с распространенностью агломерации железных руд большинство работ (10 работ из 15 рассмотренных только по управлению точкой спека) посвящено данной отрасли, что приводит к проблеме синтеза эффективных систем управления процессом спекания фосфоритовых руд.

На практике часто измеряются только основные параметры протекания процесса, такие как, температура в вакуум-камерах, разрежение, скорость аглоленты, высота шихты и основные массовые значения компонентов. При этом, значения таких свойств как проницаемость, объем агломерационных газов или свойств шихты получают только при лабораторных исследованиях. Поэтому возникает необходимость построения прогнозных моделей, используя основные измеряемые параметры – температуру в вакуум-камерах и разрежение.

Использование большого объема выборки для исследования требует длительного срока по сбору данных и их накапливание для улучшения точности прогноза. При этом изменение определенных условий протекания процесса (свойств исходной шихты, высоты шихты, размера гранул, газа для зажигания и др.) потребует переобучения прогнозных моделей для получения точных результатов. Таким образом, необходимо синтезировать такую прогнозную модель, которая будет адекватна при обучении на малом количестве исходных данных и будет строиться в режиме реального времени.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Q. Feng, T. Li, X. Fan, T. Jiang. Adaptive prediction system of sintering through point based on self-organize artificial neural network // Trans. Nonferrous Met. Soc. China. – 2000. – Vol. 10. – №6. – PP. 804-807.
- [2] L. Peng, Z. Ji and J. Tan. Sintering Finish Point Intelligent Control // Proceedings of the 2005 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics Monterey, California, USA. – 24-28 July, 2005.
- [3] S. Du, M. Wu, X. Chen, X. Lai, W. Cao. Intelligent Coordinating control between burn-through point and mixture bunker level in an iron ore sintering process // Journal of advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics. – 2017. – Vol. 21. – №1.
- [4] B. Wang, Y. Fang, J. Sheng, W. Gui, Y. Sun. BTP Prediction Model Based on ANN and Regression Analysis // Second International Workshop on Knowledge Discovery and Data Mining. – 2009. – PP.108-111
- [5] M. Wu, C. Xu, Y. Du. Intelligent optimal control for lead-zinc sintering process state // Trans. Nonferrous Met. Soc. China. – 2006. – №16. – PP. 975-981.
- [6] M. Wu, C. Xu, J. She, W. Cao. Neural-network-based integrated model for predicting burn-through point in lead-zinc sintering process // Journal of Process Control. – 2012. – Vol.22. – PP. 925– 934.
- [7] M. Wu, P. Duan, W. Cao, J. She and J. Xiang. An intelligent control system based on prediction of the burn-through point for the sintering process of an iron and steel plant // Expert Systems with Applications. – 2012. – Vol.39. – №5. – PP. 5971-5981.
- [8] J. Wang, X. Li, Y. Li, K. Wang. BTP prediction of sintering process by using multiple models // 26th Chinese Control and Decision Conference (CCDC) – 2014. – PP.4008-4012.
- [9] W. Cheng. An application of adaptive genetic-neural algorithm to sinter's BTP process // Proceedings of the Third International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Shanghai. – 26-29 August, 2004.
- [10] W. Cheng. Prediction system of burning through point (BTP) based on adaptive pattern clustering and feature map // Proceedings of the Fifth International Conference on Machine Learning and Cybernetics, Dalian. – 13-16 August, 2006.
- [11] X. Shang, J. Lu, Y. Sun, J. Liu, Y. Ying. Data-Driven Prediction of Sintering Burn-Through Point Based on Novel Genetic Programming // Journal of iron and steel research, International. – 2010. – Vol.17. – №12. – PP. 1-10.
- [12] W. H. Kwon, Y. H. Kim, S. J. Lee and K. Paek. Event-Based Modeling and Control for the Burnthrough Point in Sintering Processes // IEEE Transactions On Control Systems Technology. – 1999. – Vol. 7. – №1. – PP. 31-41.
- [13] J. Terpak, L. Dorcak, I. Kostial, L. Pivka. Control of burn-through point for agglomeration belt // Metalurgia. – 2005. – Vol.44. – №4. – PP.281-284.
- [14] C. Wang and M. Wu. Hierarchical Intelligent Control System and Its Application to the Sintering Process // IEEE Transactions On Industrial Informatics. – 2013. – Vol. 9. – №1. – PP. 190-196.
- [15] M. Wu, C. Wang, W. Cao, X. Lai, X. Chen. Design and application of generalized predictive control strategy with closed-loop identification for burn-through point in sintering process // Control Engineering Practice. – 2012. – Vol.20. – PP.1065–1074.

Токтасынова Н., Сулейменов Б., Болеева Л.

Агломерациялық күйдіру кезінде қақтам нүктесін басқару жүйелерін синтездеу әдістерінің заамануи жағдайы

Түйіндеме. Агломерация процессін басқарудың мәселесі соңғы өнімнің сапасын бақылаудың күрделілігінде. Қақтам нүктесі агломераттың сапа көрсеткішінің бірі болып табылады, ол оны болжауға алып келеді. Бұл мақала қысқаша шолу мен болжаудың пайдаланылатын әдістері бойынша жұмыстардың саралануына арналған. Нәтижесінде бастапқы іріктеудің аз көлемін және негізгі өлшенетін параметрлерді- вакуум-камералардағы температура мен тоқтың ажырауын қолданатын болжамды моделдерді тұрғызу қажеттілігі анықталды.

Түйін сөздер: қақтам нүкте, агломерация процессі, болжамдау, нейрондық жүйелер, басқару жүйесі.

Toktassynova N., Suleimenov B., Boleeva L.

Modern state of synthesis methods of burn through point control systems of sintering burning

Summary. The problem of the sintering process control lies in the complexity of the product quality control. The burn through point is one of the sinter quality indicator, which leads to the need for its predictive. This article is devoted to a brief review and gradation of works on the predictive methods. As a result, it was found that the construction of predictive models using a small volume of the initial sample and the main measured parameters – temperature and pressure in wind boxes is necessary to do.

Key words: burn through point, sintering process, prediction, neural network, control system.

УДК 004.002

J.A. Tussupov¹, G.B. Abdikerimova¹, F.A. Murzin²

(¹L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

²A.P. Ershov Institute of Informatics Systems SB RAS, Russia

E-mail: gulzira1981@mail.ru)

APPLICATION OF FRACTAL DIMENSION FOR THE ANALYSIS OF MICROPHOTOGRAPHS

Abstract. The article presents one of the important methods of segmentation - analysis of fractals. We conducted a study of the segmentation of texture areas on micrographs obtained by transmission electron microscopy. For segmentation, the characteristics used to calculate the fractal size were used. The work is fulfilled for Institute of Solid State Chemistry and Mechanochemistry of the Siberian Branch of the Russian Academy of Science. The basic attention is focused on the development of a software tool for the analysis of the above photomicrographs.

Keywords: image processing, textural features, segmentation, analysis of microphotographs, R/S analysis, electron microscopy, plant raw materials, Hurst index.

Д.А.Тусупов¹, Г.Б. Абдикеримова¹, Ф.А. Мурзин²

(¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

²Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН, Новосибирск, Россия)

ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ДЛЯ АНАЛИЗА МИКРОФОТОГРАФИЙ

Введение

Основанием для проведения настоящей НИР является Договор между Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук (ИХТТМ СО РАН) и Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом систем информатики им. А.П. Ершова Сибирского отделения Российской академии наук (ИСИ СО РАН) № 16-13-10200/2 от 1 июля 2016 г. Работа проводится в целях исполнения ИХТТМ СО РАН Соглашения № 16-13-10200 от 12 мая 2016 года между Российским научным фондом, руководителем проекта и организацией о предоставлении гранта на проведение фундаментальных научных исследований и поисковых научных исследований, касающегося предоставления гранта на выполнение научного проекта «Контролируемое изменение структуры и состава растительного сырья механохимическими методами для интенсификации экстракции биологически активных соединений» № 16-13-10200».

Одной из наиболее сложных и актуальных проблем компьютерной обработки изображений является решение задачи сегментации таких текстурных областей ультраструктуры клеточных стенок,

характерных для растительных материалов, которые занимают значительную часть на микрофотографиях (рис.1). Работа посвящена фрактальной размерности для анализа микрофотографий. Целью статьи является системное описание и анализ особенностей применения фрактальной размерности для сегментации текстурных областей на изображениях, и определение достоинств и недостатков метода и проблем, возникающих при сегментации текстурных областей изображений. Источником являются микрофотографии растительного сырья, размолотого на специальных мельницах. Конечная цель работы – определение по микрофотографии пористости, химической реактивности сырья и т.д. В этой работе данная задача в полной постановке не решена, это требует более глубоких исследований, которые будут проведены в дальнейшем. В данной работе основное внимание уделено разработке программного инструментария для сегментации текстурных областей изображений на основе фрактальной размерности. Также проведены предварительные эксперименты по применению R/S-анализа и фрактального анализа.

Анализ фрактальной размерности

Фрактальный анализ изображения предусматривает вычисление фрактальных характеристик для всего изображения, для отдельных фрагментов или объектов в поле сканирования. Очевидно, что данный подход следует применять для сложных, изрезанных изображений. Основной характеристикой фрактального изображения является его размерность, определяющая сложность фрактала [1-3].

Описание широкого класса процессов и явлений, таких как процессы ограниченной диффузной агрегации, образование вязких пальцев в пористых средах, турбулентность, процессы диффузии, называемые протеканием, а также описание объектов природы, таких как облака, земная поверхность и многие другие, в терминах фрактальной геометрии определило новое направление в исследованиях – анализ фракталов. При таком подходе авторы не называют объект текстурой, а называют его фракталом [4]. Многие авторы отмечают, что большинство естественных поверхностей являются пространственно изотропными фракталами и что двумерные поля интенсивностей от таких поверхностей также являются фракталами. Фрактальные методы анализа текстурных областей изображений основаны на том, что текстура представляет собой фрактал – структуру, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому. Таким образом, при определении фрактала используется свойство самоподобия фрактала. Многие кривые и поверхности статистически самоподобны, то есть каждая часть может считаться изображением целого в уменьшенном виде. Основной особенностью фрактальных характеристик является то, что изображения искусственных и природных объектов имеют сильно различающиеся фрактальные размерности. Это позволяет успешно использовать фрактальные признаки для обнаружения искусственных изменений ландшафта по фотографиям из космоса, обнаружения искусственных объектов на изображениях, полученных с телекамер и обнаружения клеточной стенки на микрофотографиях. Недостатком обработки фрактальных текстур является то, что, как правило, нельзя построить глобальную фрактальную модель всего изображения. Общая стратегия состоит в том, чтобы для найденных опорных точек оценить параметры локальных фрактальных моделей, произвести выраживание регионов с близкими параметрами, классифицировать их и провести сегментацию изображения. При сегментации текстур, построенных на оценке размера фрактала, метод броуновской функции более эффективен чем другие исследованные методы [5, 6]. Также существенным недостатком фрактальных методов обработки текстурных изображений является их высокая трудоемкость. Примеры фрактальных текстур приведены на рис. 1.

Метод R/S-анализа – это статистический метод анализа временных рядов или числовых последовательностей (преимущественно финансовых), позволяющих определить некоторые важные их характеристики, такие как наличие непериодических циклов, «памяти» у процесса, степень хаотичности и т.д. Метод применим и для анализа изображений, т.к. можно рассматривать последовательность значений функции яркости вдоль некоторой прямой или кривой линии. Интересно, что метод применяется в химии для анализа микрофотографий (например, лигнина), и метод показал определенную эффективность [7-9].

Важной характеристикой, вычисляемой методом R/S-анализа, является показатель Хёрста, обычно обозначаемый H , который характеризует степень хаотичности процесса. Показатель Херста (H , Hurst coefficient) назван в честь британского гидролога Гарольда Херста (Harold Edwin Hurst). Данный показатель позволяет вычислить фрактальную размерность и является, таким образом, инструментом фрактальной геометрии.

Отметим, что в случае, когда $0.5 < H < 1$ говорят о персистентном (поддерживающемся) поведении процесса, либо о том, что процесс обладает длительной памятью. Другими словами, если в течение

некоторого времени в прошлом наблюдались положительные приращения процесса, то есть происходило увеличение, то и впредь в среднем будет происходить увеличение. Иначе говоря, вероятность того, что процесс на $i + 1$ шаге отклоняется от среднего в том же направлении, что и на i шаге настолько велика, насколько параметр H близок к 1. Таким образом, персистентные стохастические процессы обнаруживают четко выраженные тенденции изменения при относительно малом «шуме».

В случае, когда $0 < H < 0.5$ говорят об антиперсистентности процесса. Здесь высокие значения процесса следуют за низкими, и наоборот. Другими словами, вероятность того, что на $i + 1$ шаге процесс отклоняется от среднего в противоположном направлении (по отношению к отклонению на i шаге) настолько велика, насколько параметр H близок к 0. При $H = 0.5$ отклонения процесса от среднего являются действительно случайными и не зависят от предыдущих значений, что соответствует случаю броуновского движения.

В работе [9] показано, что изображение может проявлять фрактальные свойства лишь в ограниченной области изменения оптической плотности. Ширина этой области (области скейлинга) является характеристикой степени фрактальности изображения. Если область скейлинга невелика (например, лишь в несколько раз превосходит элементарный шаг квантования), следует при анализе изображения указывать на слабость проявления фрактальных признаков.

Для вычисления фрактальной размерности D в процессе экспериментальных исследований было использовано следующие технологии: метод покрытия поверхности сеткой, метод конструирования покрытий поверхностей, R/S анализ.

Самый простой способ реализации метода покрытий – наложение квадратной сетки на изображение фрактала и подсчет числа клеток $N(r)$, в которые попадает фрактал [10]. Когда расстояние r между параллельными линиями сетки становится достаточно малым, величина сходится к конечному значению, что и есть фрактальная размерность. Фрактальная размерность рассчитывается по следующей формуле:

$$D = \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\ln(N(r))}{\ln(1/r)} \quad (1)$$

где $N(r)$ - число клеток, r - размер клетки.

В настоящее время этот метод программно реализован в среде MatLab и проводится анализ изображений. Изображения программными средствами делится на отдельные участки. Если каждый участок изображения принадлежит области скейлинга, то это позволит выявить, с точки зрения оценки фрактальной размерности соседних участков, более мелкие электроноплотные (чёрные) образования, которые, скорее всего, являются остатками внутриклеточного содержимого липидной или белковой природы (дробный метод исследования). При этом фрактальная размерность участков микрофотографий клеточных стенок соломы пшеницы будет лежать в интервале нормы, а фрактальная размерность участков с лигнифицированными слоями - ниже границы нормы.

В качестве объекта исследования нами было взято 5 групп образцов – микрофотографий ультраструктуры клеточных стенок, характерных для растительных материалов, активированных при различных условиях (а также микрофотографии ультраструктуры исходной клеточной стенки соломы пшеницы). Для тестирования описанного метода были отобраны 36 микрофотографии.

Ниже приведены соответствующие формулы и результат тестирования.

$$\frac{R}{S} = (aN)^H, \text{ откуда} \quad (2)$$

$$H = \frac{\log(R/S)}{\log(aN)}, \quad (3)$$

где H – показатель Херста, S – среднеквадратичное отклонение ряда наблюдений x , N – число периодов наблюдений, $a = \frac{\pi}{2}$ - заданная константа, положительное число,

$$S = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - X_{cp})^2}, \quad (4)$$

где X_{cp} - среднее арифметическое ряда наблюдений x за N периодов

$$X_{cp} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (5)$$

Размах накопленного отклонения R является наиболее важным элементом формулы расчета показателя Херста. В общем виде его вычисляют следующим способом:

$$R = \max_{1 \leq u \leq N} (Z_u) - \min_{1 \leq u \leq N} (Z_u), \quad (6)$$

где Z_u - накопленное отклонение ряда x от среднего X_{cp} :

$$Z_u = \sum_{i=1}^u (x_i - X_{cp}) \quad (7)$$

Из формулы расчета показателя Херста видно, что на его рост влияют:

- увеличение размаха колебаний R ;
- уменьшение среднеквадратичного отклонения S ;
- уменьшение количества наблюдений N .

Входящий в (3) параметр H ($0 < H < 1$) называется параметром Херста. Поверхность, характеризующая изменение величины X , представляет собой случайный фрактал. При этом фрактальная размерность D рассматриваемой поверхности, определенная методом ее покрытия сферами или кубами [7], связана с параметром Херста H соотношением:

$$D = 3 - H \quad (8)$$

Линии уровня фрактальных изображений (линии сканирования) также будут иметь фрактальную форму, но их размерность определяется выражением:

$$D = 2 - H \quad (9)$$

В основе большинства используемых на практике методов оценки фрактальной размерности изображений лежит соотношение (9). Входящий в (9) параметр Херста H может быть определен по аналогии с процедурой его определения при обработке сигналов, исходя из поведения структурной функции приращения исследуемой двумерной величины.

Программа расчета R/S анализа. Метод программно реализован в среде MatLab и проводится анализ изображений. С помощью программы MatLab было произведено разделение изображения на 1024 частей. Для каждой части изображения выполнялся расчет фрактальной размерности. Если каждый участок изображения принадлежит области скейлинга, то это позволит выявить, с точки зрения оценки фрактальной размерности соседних участков, более мелкие электроплотные (чёрные) образования, которые, скорее всего, являются остатками внутриклеточного содержимого липидной или белковой природы (дробный метод исследования). При этом фрактальная размерность участков микрофотографий клеточных стенок соломы пшеницы будет лежать в интервале нормы, а фрактальная размерность участков с лигнифицированными слоями - ниже границы нормы (Рис.1.b).

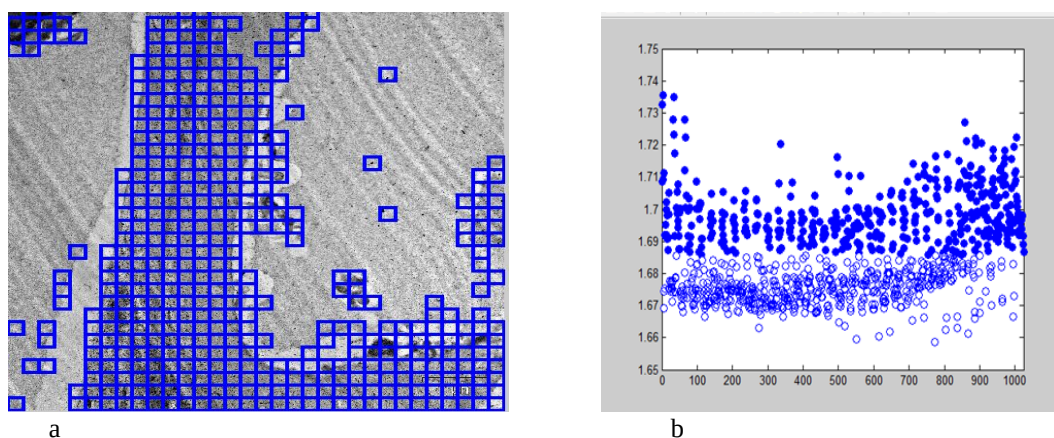


Рис. 1. Выбор области исследования на микрофотографии активированном при 10 градусах;
 $D_{\phi} = 1.2967 + / - 0.058048$ - фрактальная размерность (a); Результат расчета (b)

Результаты дробного метода в виде кружков вычисляют фрактальную размерность микрофотографий. Синие заполненные кружки соответствуют синим квадратам на исходном изображении, а белые кружки указывают на фон на рис. 1.(b).

Заклучение

Работа посвящена исследованию о применимости фрактальной размерности для анализа экспериментальных данных с целью выявить на микрофотографиях характерные участки, которые в будущем можно будет увязать с пористостью, химической реактивностью и т.д. В настоящее время предложено множество методов сегментации текстурных областей изображений. Особенностью каждого метода является его направленность на решение определенного класса задач в рамках рассматриваемой прикладной области человеческой деятельности. Основной особенностью фрактальных характеристик является то, что микрофотографии ультраструктуры исходной клеточной стенки соломы пшеницы активированных при различных условиях имеют сильно различающиеся фрактальные размерности. Это позволяет успешно использовать фрактальные признаки для обнаружения клеточной стенки на изображениях, полученные с помощью просвечивающей электронной микроскопией. Фрактальная же размерность D двумерного распределения интенсивности связана с параметром Херста H соотношением (9).

Реализован прототипы программ, реализующие R/S – анализ и фрактальный анализ [11-13]. Проведены первичные эксперименты, показавшие интересные результаты, которые могут быть полезными на практике, а именно, для поддержки работ в области химии. Отметим, что аналогичные высказывания встречаются в научной литературе по исследованию лигнина, но без детальных подробностей [14, 15]. Проведено сегментация на основе показателя Херста на микрофотографиях. И с помощью этих проведенных исследований мы пришли к тому, что метод показал определенную эффективность, где фон и клеточная стенка четко отличаются друг от друга на изображениях.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Mandelbrot B. The fractal geometry of Nature. W.H. Freeman and Co., NY., 1982
- [2] Lam N.S.-N. Description and Measurement of Landsat TM Images Using Fractals // Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 1990. № 2, P. 187-195.
- [3] Под редакцией Пьетронеро Л. и Тозитти Э. Фракталы в физике. М.: Мир, 1988. 644 с.
- [4] Фисенко В.Т. Фрактальные методы сегментации текстурных изображений // Приборостроение, 2013. – Т. 56 № 5. – С. 63–70.
- [5] Морозов А.Д. Введение в теорию фракталов / А.Д. Морозов. – М.: —Современная математика, 2002. – 57 с.
- [6] Mark S. Nixon Feature Extraction and Image Processing / Mark S. Nixon, Alberto S. Aguado. – Oxford: A division of Reed Educational and Professional Publishing Ltd, 2002. – 330 p.
- [7] Короленко П.В., Маганова М.С., Меснянкин А.В. Новационные методы анализа стохастических процессов и структур в оптике. Фрактальные и мультифрактальные методы, вейвлет-преобразования: Учебное пособие. Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Научно-исследовательский институт ядерной физики им.Д.В. Скобельцына. – М., 2004, 82 с.
- [8] Иванников В.П., Белых В.В., Степанов В.А., Суфиянов Р.Т. Фрактальный анализ рентгенограмм. // Вестник ИжГТУ, 2009. № 3. – С. 150–154
- [9] Федер Е. Фракталы. – М.: Мир, 1991, 374 с.
- [10] Иванников В.П., Белых В.В., Степанов В.А., Суфиянов Р.Т. Фрактальный анализ рентгенограмм. // Вестник ИжГТУ, 2009. № 3. С. 150–154.
- [11] Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. – М.: Мир, 2000. – 272 с.
- [12] Баранцев Р.Г. Синергетика в современном естествознании. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 144 с.
- [13] Петров В.В. Структура телетрафика и алгоритм обеспечения качества обслуживания при влиянии эффекта самоподобия. М: Изд.- во Московского энергетического института. – 2004
- [14] Карманов А.П., Лигнин. Структурная организация и самоорганизация // Институт химии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар, 1999. – С. 66-67
- [15] Карманов А.П., Матвеев Д.В., Проблемы химии древесины и лесохимии // Институт химии Коми научного центра Уральского отделения РАН, Сыктывкар. 2001. – С 50-52

Тусупов Д.А., Абдикеримова Г.Б., Мурзин Ф.А.

Микросуреттірді талдау үшін фракталды өлшемді қолдану

Түйіндеме. Бұл мақалада сегментация әдістерінің бірі – фракталды талдау әдісі қарастырылды. Электронды рентген микроскопы арқылы алынған микросуреттердің текстуралық аймақтарын сегментациялау зерттеу жұмыстары жүргізілді. Сегментациялау үшін фрактал өлшемі қолданылды. Бұл жұмыс «Қатты дене химиясы және механохимия» РҒА институты үшін орындалған. Жоғарыда аталған микросуреттерді талдау үшін программалық құрылғылар жасауға негізгі көңіл бөлінді. Сәйкес келетін алгоритм таңдалынып, оған сәйкес программалық құрылғылар құрылды.

Түйінді сөздер: бейнелерді өңдеу, текстуралық белгілер, микросуреттерді талдау, сегментация, R/S-талдау, электронды микроскопия, өсімдік шикізаты, Херст көрсеткіші.

Тусупов Д.А., Абдикеримова Г.Б., Мурзин Ф.А.

Применение фрактальной размерности для анализа микрофотографий

Резюме. В статье представлен один из важных методов сегментации – анализ фракталов. Нами было проведено исследования сегментация текстурных областей на микрофотографиях, полученных просвечивающей электронной микроскопией. Для сегментации использовали характеристики, по которым вычисляется размер фрактала. Работа выполнена для Института химии твердого тела и механохимии Сибирского отделения Российской академии наук. Основное внимание уделено разработке программного инструмента для анализа упомянутых выше микрофотографий.

Ключевые слова: обработка изображений, текстурные признаки, сегментация, анализ микрофотографий, R/S-анализ, электронная микроскопия, растительное сырье, показатель Херста.

УДК 004.891

S. Kumargazhanova, I. Uvalieva, T. Talgatova

(D. Serikbaev East Kazakhstan state technical university, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan.

E-mail: iuvalieva@mail.ru)

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR ASSESSING THE QUALITY OF BAKERY PRODUCTS

Abstract. The modern market of bread and bakery products dictates strict requirements to the manufacturer. It is not enough to produce only bulk grades of bread and bakery products, the use of means of assessment and monitoring of product quality is required. Within the framework of this study, the development of a system allowing estimating baked goods by organoleptic (appearance, condition of the crumb, taste and smell) and physical and chemical parameters (moisture, acidity, porosity) is proposed.

Keywords: quality of bakery products, quality assessment system, quality indicators of bakery products, bread quality monitoring.

С.К. Кумаргажанова, И.М. Увалиева, Т.Талғатова

(Д.Серикбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті, Өскемен қаласы

E-mail: iuvalieva@mail.ru)

НАН-ТОҚАШ ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫН БАҒАЛАУДЫҢ ЖҮЙЕСІН ӘЗІРЛЕУ

Кіріспе.

Қазақстан Республикасының Президенті Н.Назарбаевтың 2050 жылға арналған стратегиялық жолдауында [1]: «Біз жақын арада дәнді дақылдар мәдениетін экспорттаушы ірі мемлекеттер қатарына кіреміз. Біз үлкен экологиялық таза аумаққа қол жеткіземіз және экологиялық таза өнімді өндіреміз» деп мәлімдеген болатын. Бұл маңызды тапсырмаларды жүзеге асыру барысында мақсатқа сай ең алдымен еліміздегі тұрғындардың функционалды өніммен тамақтануын қарастыру қажет [2]. Сол себепті де тағамдық индустрия денсаулықты жақсартатын, жаңа сапалы өнім ретінде өндірісте қайта бағдарлануды бастады.

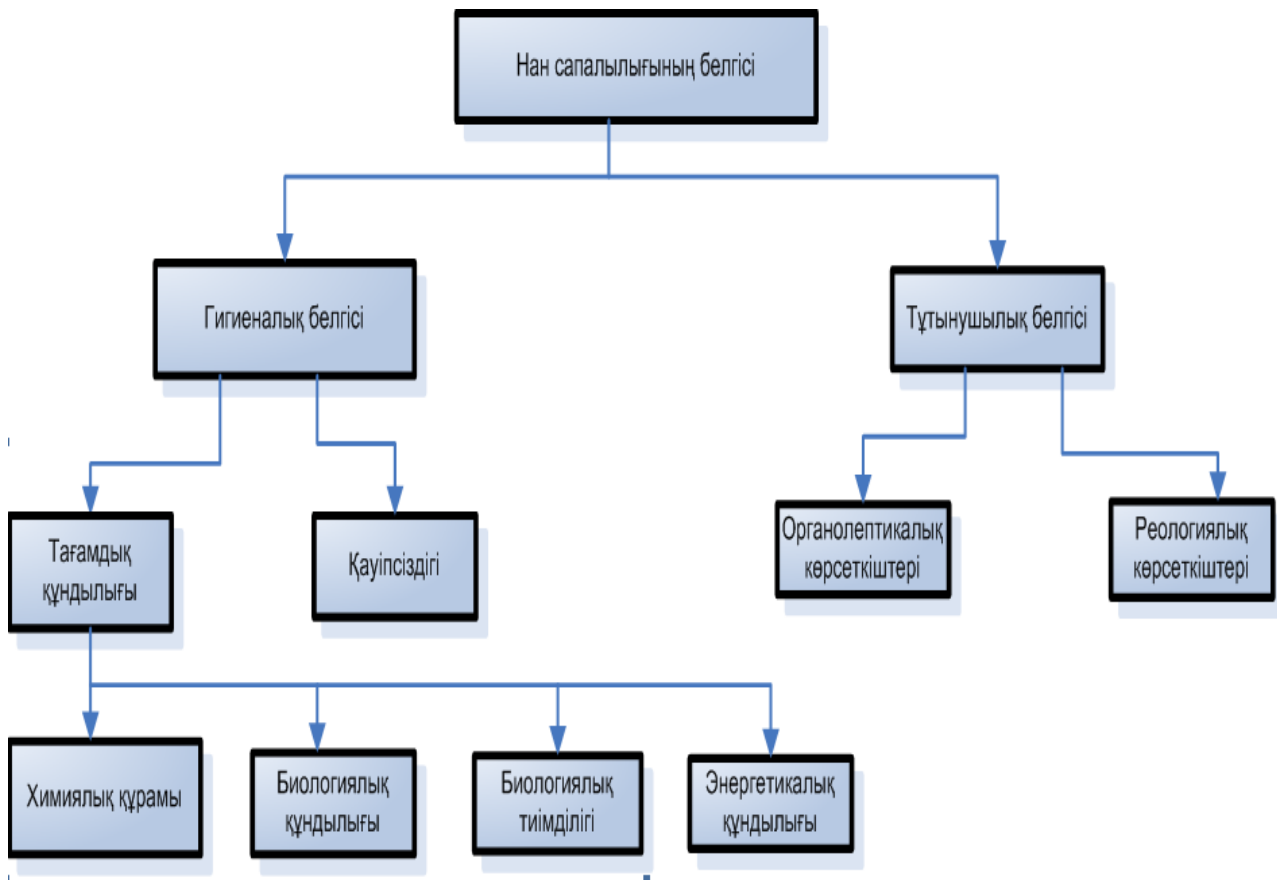
Функционалды өнімге биологиялық белсенді заттарға бай (витаминдер, микро және макро элементтер және т.б), сонымен қатар жай заттарға қарағанда зиянды заттардың аз болуы жатады. Қазіргі уақытта функционалды тамақтанудың төрт тобы бар: нан, сүт, майлық эмульсия және өсімдік майы, алкогольсіз сусындар [3].

Нан-тоқаш өнімдерінің сапасын бағалау үшін айқын емес шығу жүйесін әзірлеу басты мақсат болып табылады.

Нан сапалылығының көрсеткіштеріні зерттеу әдістері.

Нан - пайдалы биологиялық өнім, адам ағзасы үшін қажетті заттардың жиынтығынан тұрады. Бұл ақуыздар, ақуыздық байланыстар, жоғары молекулалы қосылыстағы майлар, сонымен қатар дәрумендер [4]. Әсіресе нанда адамның жүйке жүйесінің жақсы жұмыс істеуі үшін қажетті В тобының дәрумендері бар. Нанды өндіру үдерісі әжептәуір икемділікті еңбектенуді қажет етеді. Бөлке нан пештен шығуы үшін, қажетті түрде, көптеген машиналардан және технологиялық агрегаттардан өтуі керек [5]. Өнімді өндіру үдерісі 12 сағатқа созылуы мүмкін.

Нанның сапасы, толық жиынтықтардың қасиеті ретінде және өнімнің мінездемесі ретінде анықталады, яғни өнімге ескертуін орындауға немесе қажеттілігін шамалауға қабілеттілігін күшейтеді [6], төмендегі 1 суреттен көруге болады.

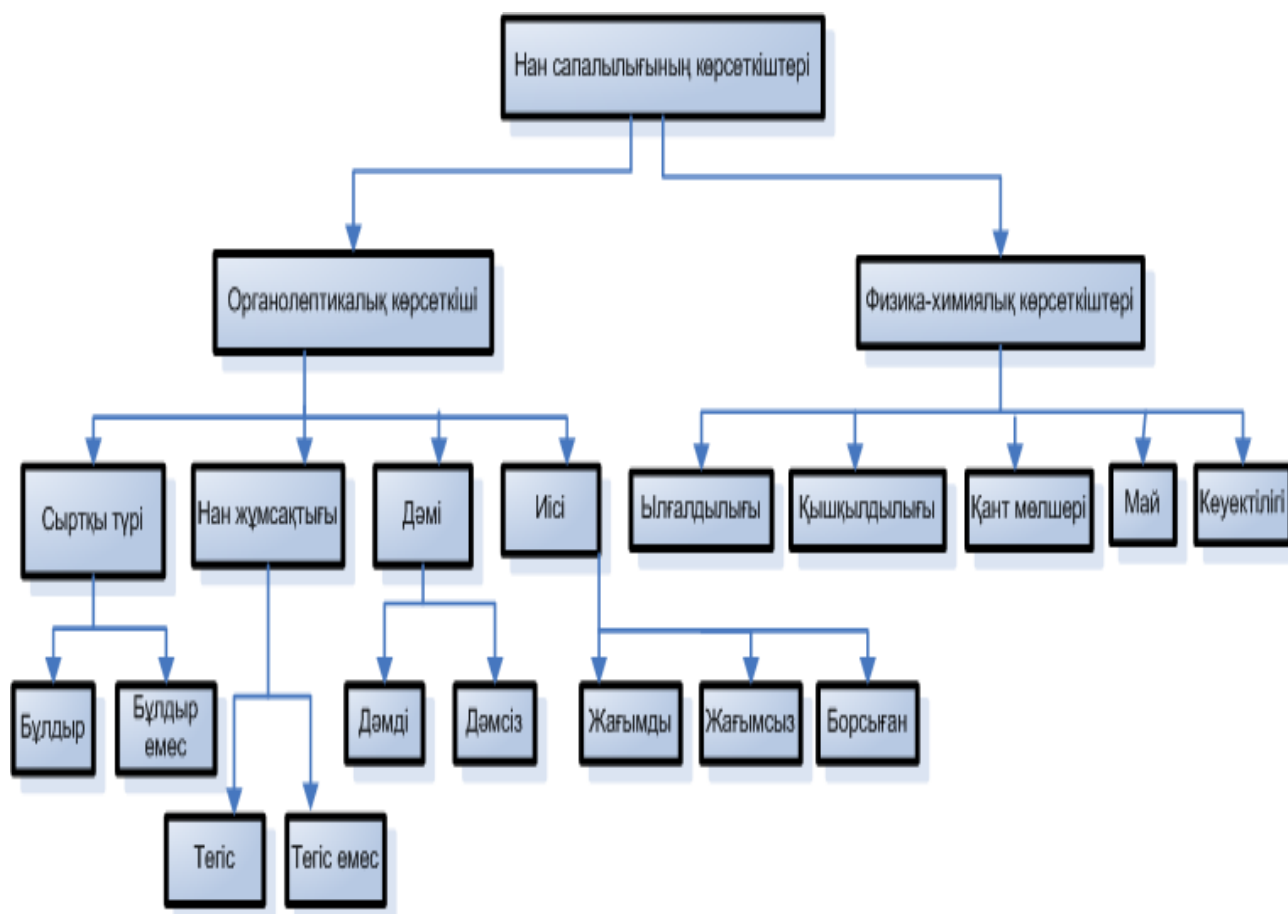


Сурет 1. Нан сапалылығының белгілері

Нан сапалылығы органолептикалық (сыртқы түрі, нан жұмсақтығы, дәмі, иісі) және физика-химиялық (ылғалдылығы, қышқылдылығы, қант мөлшері, май, кеуектілігі) көрсеткіштері бойынша бағаланады [7].

Органолептикалық саралау (сезіну) дәмін, иісін, консистенциясын, құрылымын, түсін, пішінін, өлшемін, ішкі түрін және дайын өнім аймағының жағдайын бағалаудан тұрады [8]. 2 суретке сәйкес нан сапалылығының көрсеткіші көрсетілген.

Көзбен көру, иіс және дәм сезудің көмегімен саралау жасалады, сондықтан арнайы жабдықтарды және қымбат бағалы реактивтерді қажет етпейді. Органолептикалық саралаудың ең басты кемшілігі жоғары емес деңгейде автоматтандырылады. Ең бастысы, бұл органолептикалық бағалауға жатады, сондықтан өнім, талап етілетін өзінің барлық органолептикалық көрсеткіштері бойынша толығымен ерекшеленеді, сонымен ол тек толықтай өлшемде тағамдық құндылығына ғана қатысты емес, ол адамның денсаулығына да қауіпсіз [9,10].



Сурет 2. Нан сапалылығының көрсеткіштері

Нанды дайындау үшін технологиялық сызба келесідей кезеңдерден тұрады: шикізатты дайындау, шикізатты мөлшерлеу, ашытқылы және ашытқысыз тәсілдерін қолдану, қамырды дайындау, қамырды мүшелеу, нанды пісіру, сараптау, салқындату және сақтау [11-13]. Нан пісірудің технологиясы 3 суретте көрсетілген.

Зерттеу нәтижесі.

Нан-тоқаш өнімдерінің сапасын анықтау үшін, ең алдымен нан-тоқаш өнімдерінің сапа көрсеткіштерінің факторларға тәуелділігін анықтау қажет [14-16]. Осыған байланысты, нан-тоқаш өнімінің сапасын бағалауды айқын емес ақпараттық ортада қарастыру қажет, оны жүзеге асыру үшін айқын емес логика әдісін қолданамыз.

Нан-тоқаш өнімінің сапасын анықтау моделі келесідей:

$$U_i^j(t) = f\{K_1, K_2, K_3, K_4, \delta, t\} \quad (1)$$

Нан-тоқаш өнімінің сапасын анықтаудың айқын емес логика алгоритмі 5 қадамнан тұрады:

1 қадам. Кіріс және шығыс параметрлерін анықтау

Кіріс және шығыс параметрлеріне сапалы талдау жасау барысында, нан-тоқаш өнімінің сапасын анықтауға 5 кіріс параметрі әсер етеді деген қорытындыға келдік.

Бірінші кіріс параметрі ретінде, нан-тоқаш өнімінің сапасын анықтау үшін органолептикалық көрсеткішке жататын нанның пішіні (K_1) қолданылады. Нан-тоқаш өнімінің пішіні бұлдыр және бұлдыр емес көрсеткіштерден тұрады.

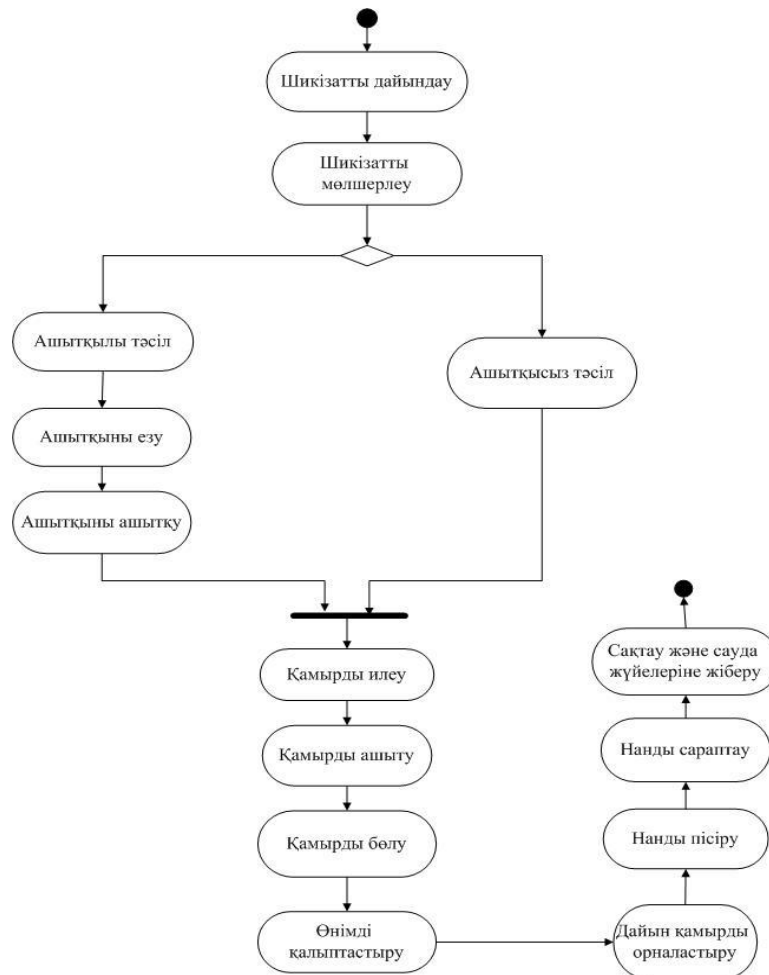
Екінші кіріс параметрі ретінде, нан-тоқаш өнімінің сапасын анықтау үшін органолептикалық көрсеткішке жататын нанның дәмі (K_2) қолданылады. Нан-тоқаш өнімінің дәмі татымды және татымсыз көрсеткіштерден тұрады.

Үшінші кіріс параметрі ретінде, нан-тоқаш өнімінің сапасын анықтау үшін органолептикалық көрсеткішке жататын нанның иісі (K_3) қолданылады. Нан-тоқаш өнімінің иісі жағымды, жағымсыз, және борсыған көрсеткіштерден тұрады [17].

Төртінші кіріс параметрі ретінде, нан-тоқаш өнімінің сапасын анықтау үшін органолептикалық көрсеткішке жататын нанның түсі (K_4) қолданылады. Нан-тоқаш өнімінің түсі ақшыл, сарғыш-қоңыр, және қоңыр көрсеткіштерден тұрады.

Бесінші кіріс параметрі ретінде, нан-тоқаш өнімінің сапасын анықтау үшін органолептикалық көрсеткішке жататын нанның жұмсағы (K_5) қолданылады. Нан-тоқаш өнімінің жұмсағы тегіс және тегіс емес көрсеткіштерден тұрады.

Нан-тоқаш өнімінің сапасын анықтау үшін шығыс параметрі (VP) ретінде нанның сапасы қолданылады.



Сурет 3. Нанды дайындау технологиясы

2 қадам. Кіріс және шығыс параметрлерінің фаззификациясы

Нан-тоқаш өнімінің сапасын анықтау айқын емес логика моделін құрастырған кезде, барлық айнымалы мәндер 0-ден 1-ге дейінгі нақты сандар ауқымында өлшенеді. Әр айнымал үшін ең төменгі көрсеткіш 0, ал ең жоғарғы мәні 1.

Кіріс параметрлерінің мерзімді жиынтықтары кластерлер болып табылады, яғни олар мерзімді жиынтықтар $T_1 = \{“пішіні”, “дәмі”, “іісі”, “түсі”, “жұмсағы”\}$, сурет 4 мерзімдердің мүшелік функциялары көрсетілген.

Шығыс параметрі ретінде мерзімді жиынтық VP үшін $T_{VP} = \{“балғын”, “ақауы бар”, “жарамсыз”\}$ немесе символдық түрде $T_{VP} = \{L, M, G, H\}$ көрсетіледі.

Барлық жағдайларда мүшелік функция ретінде симметриялық гаусс мүшелік функциясы (gaussmf) таңдалады.

3 қадам. Айқын емес ереже жүйесінің базасын қалыптастыру

Білім базасы (ББ) өнімдік (продукционная) модель арқылы көрінеді – бұл модель білім көмегімен ереже түрінде ұсынылады:

ЕГЕР – ОНДА (құбылыс – реакция)

Айқын емес ереже – кіріс және шығыс лингвистикалық айнымалыларды қолдануға қатысты келісілген айқын емес ережелердің жиынтығы немесе көптігі.



Сурет 4. Лингвистикалық айнымалылардың шарттары бойынша мүшелік функцияның графигі:

а) – K_1 ; б) – K_2 ; в) – K_3 ; г) – K_4 ; д) – K_5

Айқын емес модельді құру кезінде фаззификация кезеңінен кейін база құру ережесі кезеңі басталады. Жалпы алғанда нан-тоқаш өнімінің сапасын анықтау үшін айқын емес жүйе 72 айқын емес ережеден тұрады.

4 қадам. Айқын емес жүйе дефаззификациясы

Айқын емес жүйе сызбасы ретінде Мамдани әдісін қолданамыз, MIN қосылу әдісі:

$$\mu'(y) = \min\{c_i, \mu(y)\}, \quad (2)$$

мұндағы $\mu(y)$ мүшелік жүйе функциясы, w_j шығу айнымалысының мәні болып табылады.

Айқын емес жүйе ережесінде 1-52-ден бастап операндар үшін тек қана айқын емес конъюнкция («ЖӘНЕ» операциясы) пайдаланылады. Біріктіру әдісі ретінде min-конъюнкциясын қолданамыз. Ережелердің қорытындыларын жинақтау үшін max-дизъюнкциясын қолданамыз, ол тағы айқын емес жүйе сызбасында Мамдани әдісімен пайдаланылады. Дефаззификация үрдісі ауырлық күші әдісімен жүзеге асырылады:

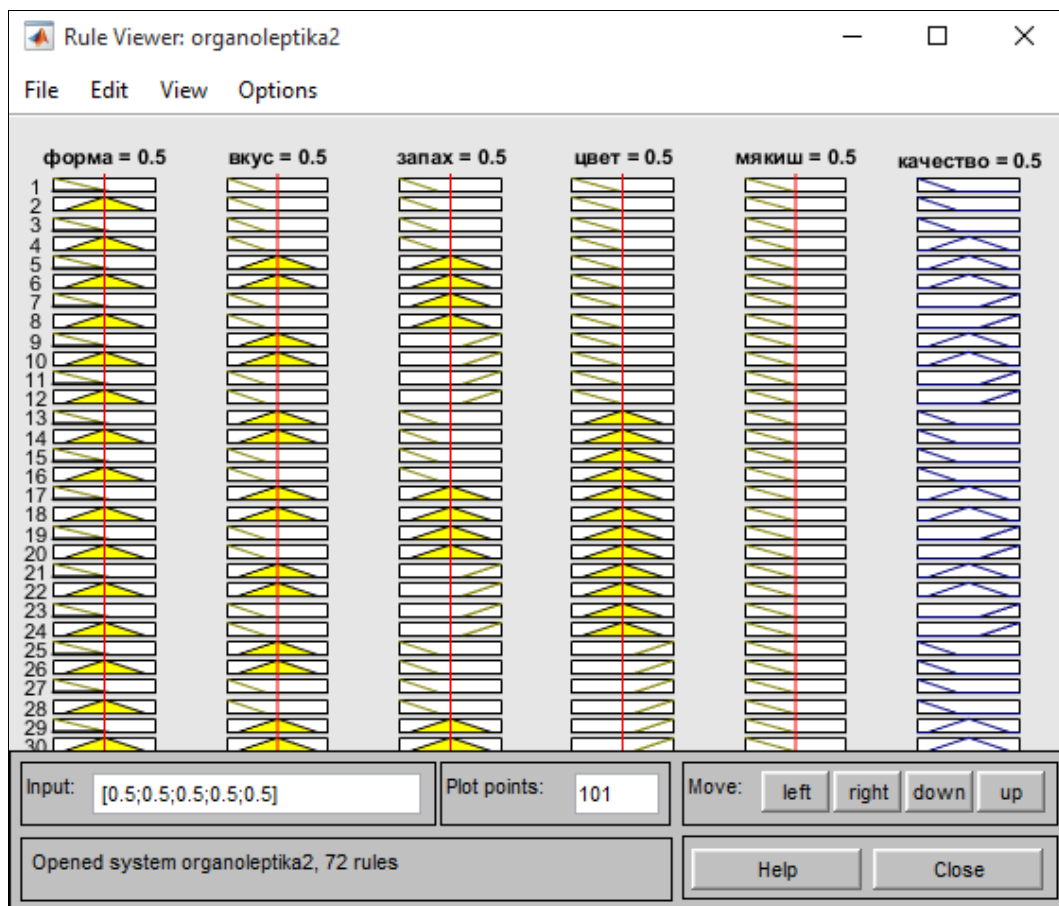
$$y = \frac{\sum_{i=1}^n x \cdot \mu(x) dx}{\sum_{i=1}^n \mu(x) dx} \quad (3)$$

мұндағы n - қарастырылатын лингвистикалық айнымалы мәндерінің бір мәнін сипаттайтын бір нүктелі (бір элемент) айқын емес жиынтықтардың саны.

Моделдеудің нәтижесін арнайы құрал айқын емес логика моделі MATLAB ортасындағы Fuzzy Logic Toolbox арқылы көруге болады [18,19].

Құрылған модель кеңейтілімі «*.fis» файлында сақталады. Бұл файл MatLab бағдарламалық кешенінде модель мәндері бойынша есептеу жүргізеді [20].

Сурет 5-те көрсетілгендей кіріс параметрлері жұмыс терезесінің жоғарғы жағында, сол жақтағы соңғы баған графигінде шығыс параметрі көрсетілген. Қызыл сызық мәні нөл болмайтын кіріс параметрлерінде көрсетілген, бұл сызықты қозғалту арқылы шығыс параметрінің қалай өзгеретіні байқауға болады.



Сурет 5. Ережелерді шығару терезесі

Тағамдық өнімді жобалау-рационалды рецептураны немесе құрылымына сәйкес қасиетін құратын, пайдаланушы талап ететін тағамдық өнімнің жоғары деңгейдегі баламалығын қамтамасыз етуге қабілетті үдеріс. Көп компонентті тағамдық өнімді жобалау кезінде биологиялық қауіпсіздігіне болжамның әсері зор. Тағамдық өнімнің дайындалуының рецептурасы мен технологиялық режиміне айқын емес қорытынды жүйесі қолданылады. Айқын емес қорытынды айқын емес логика деп қарастырылады, егер де талдамалық мәліметтер нақты сандық формада ұсынылмаса және субъектілі мінездемеде болса айқын емес логика жүзеге асырылады. Нан-тоқаш өнімдерінің сапасын анықтау үшін айқын емес логика мысалы 1 кестеде көрсетілген.

Кесте 1. Нан сапасына жасақталған айқын емес логика

№	Шарт/ нә- тиже	Антецедент/ Консеквент
E1	ЕГЕР	НАН ПШШІНІ бұлдыр емес ЖӘНЕ ДӘМІ татымды ЖӘНЕ ИІСІ жағымды ЖӘНЕ ТҮСІ ақшыл ЖӘНЕ ЖҰМСАҒЫ тегіс болса
	ОНДА	НАН балғын
E2	ЕГЕР	НАН ПШШІНІ бұлдыр ЖӘНЕ ДӘМІ татымды ЖӘНЕ ИІСІ жағымды ТҮСІ ақшыл ЖӘНЕ ЖҰМСАҒЫ тегіс болса болса
	ОНДА	НАН балғын
E3	ЕГЕР	НАН ПШШІНІ бұлдыр емес ЖӘНЕ ДӘМІ татымсыз ЖӘНЕ ИІСІ жағымды ТҮСІ ақшыл ЖӘНЕ ЖҰМСАҒЫ тегіс болса
	ОНДА	НАН балғын
E4	ЕГЕР	НАН ПШШІНІ бұлдыр ЖӘНЕ ДӘМІ татымсыз ЖӘНЕ ИІСІ жағымды ТҮСІ ақшыл ЖӘНЕ ЖҰМСАҒЫ тегіс болса
	ОНДА	НАН ақауы бар
E5	ЕГЕР	НАН ПШШІНІ бұлдыр емес ЖӘНЕ ДӘМІ татымды ЖӘНЕ ИІСІ жағымсыз ТҮСІ ақшыл ЖӘНЕ ЖҰМСАҒЫ тегіс болса
	ОНДА	НАН ақауы бар
E6	ЕГЕР	НАН ПШШІНІ бұлдыр ЖӘНЕ ДӘМІ татымды ЖӘНЕ ИІСІ жағымсыз ТҮСІ ақшыл ЖӘНЕ ЖҰМСАҒЫ тегіс болса
	ОНДА	НАН ақауы бар
E7	ЕГЕР	НАН ПШШІНІ бұлдыр емес ЖӘНЕ ДӘМІ татымсыз ЖӘНЕ ИІСІ жағымсыз ТҮСІ ақшыл ЖӘНЕ ЖҰМСАҒЫ тегіс болса
	ОНДА	НАН жарамсыз
E8	ЕГЕР	НАН ПШШІНІ бұлдыр ЖӘНЕ ДӘМІ татымсыз ЖӘНЕ ИІСІ жағымсыз ТҮСІ ақшыл ЖӘНЕ ЖҰМСАҒЫ тегіс болса
	ОНДА	НАН жарамсыз
E9	ЕГЕР	НАН ПШШІНІ бұлдыр емес ЖӘНЕ ДӘМІ татымды ЖӘНЕ ИІСІ борсыған ТҮСІ ақшыл ЖӘНЕ ЖҰМСАҒЫ тегіс болса
	ОНДА	НАН ақауы бар

Қорытынды.

Нан-тоқаш өнімнің сапасы туралы ақпаратты айқын емес ережелерді пайдаланып алуға болады. Нәтижесінде нан-тоқаш өнімдерінің сапа көрсеткіштерін анықтауға және дайын өнімнің сапасының ықтималдылықтарын көруге мүмкіндік береді.

Өңделген бағдарлама дайын өнімге талдама жасауды жеңілдетеді. Бағдарламаны қолдана отырып, дайын өнімнің сапасы туралы ақпаратты айқын емес ережелерді пайдаланып алуға болады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Турекулова Д. М. и др. Қазақстандағы стратегиялық жоспарлаудың тәжірибесі мен даму бағыттары //Қазақстан Республикасы. – 2015. – Т. 2224. – С. 253.
- [2] Филушкина П. А., Соболева И. В. Ценность хлеба как важная составляющая жизни человека //Юный ученый. – 2016. – №. 1-1. – С. 72-73.
- [3] Yang L. et al. The prospects of Jerusalem artichoke in functional food ingredients and bioenergy production //Biotechnology Reports. – 2015. – Т. 5. – С. 77-88.
- [4] Rosell C. M., Garzon R. Microstructure and its relationship with quality of confectionary and bakery products //Food Microstructure and Its Relationship with Quality and Stability. – 2017. – С. 217-238.
- [5] ҚР СТ 3.38-2003 Қазақстан Республикасының мемлекеттік сертификаттау жүйесі. Нанды, нан-тоқаш өнімдерін, макарон өнімдерін және ашытқыларды сертификаттау тәртібі.
- [6] Лихачева О. И. и др. Влияние обогатителей муки на технологические свойства хлеба //Молодежь и наука. – 2016. – №. 10. – С. 1-1.

- [7] Le Bail A., Tzia C., Giannou V. Quality and safety of frozen bakery products //Handbook of frozen food processing and packaging, 2nd edn. CRC Press, Boca Raton Google Scholar. – 2016.
- [8] Turfani V. et al. Technological, nutritional and functional properties of wheat bread enriched with lentil or carob flours //LWT-Food Science and Technology. – 2017. – Т. 78. – С. 361-366.
- [9] Олейникова, А.Я. Технологические расчёты при производстве кондитерских изделий / А.Я. Олейникова, Г.О. Магомедов, И.В. Плотникова. – СПб. : Изд-во РАПП, 2008. – 240 с.
- [10] Кенийз Н. В. Выбор оптимальных технологических параметров при производстве хлебобулочных полуфабрикатов //Инновационная наука. – 2015. – №. 1-2.
- [11] Козлова Т. С. и др. Потребительские и физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий, обогащенных концентратом полиненасыщенных жирных кислот в липосомальной форме //Вестник Красноярского государственного аграрного университета. – 2017. – №. 4.
- [12] Научные принципы конструирования комбинированных продуктов питания / Н.В. Колесникова, С.Ю. Лескова, И.В. Брянская, К.М. Миронов. – Улан-Удэ : Изд-во Восточно-Сибирский гос. технол. ун-тет, 2005. – 44 с.
- [13] Калинина И. В., Науменко Н. В., Фекличева И. В. Исследование качества обогащенных видов хлеба в процессе хранения //Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. – 2015. – Т. 3. – №. 1.
- [14] Ефремова Е. Н. Оценка качества хлебобулочных изделий //Вестник АПК Ставрополя. – 2016. – №. 3. – С. 20-24.
- [15] Rosell C. M., Garzon R. Microstructure and its relationship with quality of confectionary and bakery products //Food Microstructure and Its Relationship with Quality and Stability. – 2017. – С. 217-238.
- [16] Бублик В. В. Совершенствование деятельности предприятий хлебобулочного производства //www.issledo.ru Редакционная коллегия. – 2018. – С. 56.
- [17] Rosell C. M., Garzon R. Microstructure and its relationship with quality of confectionary and bakery products //Food Microstructure and Its Relationship with Quality and Stability. – 2017. – С. 217-238.
- [18] Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH.СПб. БХВ-Петербург, 2005 - 736 с.: ил. ISBN 5-94157-087-2
- [19] Штовба С. Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечеткую логику. MATLAB. EXPONENTA/Проектирование систем управления/Fuzzy Logic Toolbox //URL: <http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/> (дата обращения 10.05. 2016). – 2016.
- [20] Taskin A., Kumbasar T. An open source Matlab/Simulink toolbox for interval type-2 fuzzy logic systems //Computational Intelligence, 2015 IEEE Symposium Series on. – IEEE, 2015. – С. 1561-1568.

Кумаргажанова С.К., Увалиева И.М., Талғатова Т.

Нан-тоқаш өнімдерінің сапасын бағалаудың жүйесін әзірлеу

Түйіндеме. Нан және нан-тоқаш өнімдерінің қазіргі заманғы нарығы өндірушілерге қатаң талаптар қояды. Бүгінгі күні нан мен нан-тоқаш өнімдерінің сортты түрдерін ғана өндіру жеткіліксіз, сонымен қатар, өнімнің сапасын бақылау мен бағалау құралдарын пайдалану қажеттілігі туындады. Бұл мақала аясында органолептикалық (сыртқы келбет, жұмсақтық, дәм, иіс) және физикалық-химиялық (ылғалдылық, қышқылдық, кеуектілік) көрсеткіштері негізінде жасақталған бағдарламалық құрал ұсынылды.

Түйін сөздер: нан өнімдерінің сапасы, сапаны бағалау жүйесі, нан өнімдерінің сапалық көрсеткіштері, нан сапасын бақылау.

Кумаргажанова С.К., Увалиева И.М., Талғатова Т.

Разработка системы оценки качества хлебобулочных изделий

Резюме. Современный рынок хлеба и хлебобулочных изделий диктует жёсткие требования к производителю. Сегодня недостаточно выпускать только массовые сорта хлеба и хлебобулочных изделий, требуется использование средств оценки и мониторинга качества продукции. В рамках данного исследования предложена разработка системы, позволяющая оценивать хлебобулочные изделия по органолептическим (внешний вид, состояние мякиша, вкус и запах) и физико-химическим показателям (влажность, кислотность, пористость).

Ключевые слова: качество хлебобулочных изделий, система оценки качества, показатели качества хлебобулочных изделий, мониторинг качества хлеба.

B. Akhmetov¹, S. Gnatyuk², T. Zhmurko², Kh. Yubuzova¹

(¹Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev

(Satbayev University), Almaty, Kazakhstan

²National Aviation University, Kiev, Ukraine

Email: hali4a@mail.ru)

SIMULATION MODEL FOR DETERMINISTIC PROTOCOL OF QUANTUM SECURE DIRECT COMMUNICATION WITH ERROR-CORRECTING CODING

Abstract. Traditional cryptographic methods have persistence, which is based on the alleged impossibility of solving a certain mathematical problem for a limited (polynomial) time. A fundamentally new approach ensuring stability is the use of quantum cryptography, which is based on the information transmission by quantum states of micro particles - photons. In these methods, the reliability is ensured by the fundamental inviolability of the laws of quantum physics. In this connection, in this work there are carried out the researches of the simulation model of the quantum secure direct communication protocol proposed by the authors using the correcting Reed-Solomon codes for increasing the level of availability of quantum systems. The obtained results show that these codes can be used to correct errors (at a small level of natural noise in the quantum channel) and are able to ensure high availability of the quantum channel in the implementation of standard protocols.

Key words: information security, strength, error-correction codes, errors, quantum cryptography, deterministic protocol, quantum secure direct communication, qutrit.

Introduction

The persistence of traditional cryptographic methods is based on the alleged impossibility of solving of a certain mathematical problem for a limited (polynomial) time. Quantum cryptography is a fundamentally new approach based on the information transmission by the quantum states of micro particles - usually photons. The reliability of these methods is based on the fundamental inviolability of the laws of quantum physics. Most researches in this area, among which the works [1-3], are devoted to quantum key distribution protocols, but recently the deterministic protocols of quantum secure direct communication (QSDC) are of considerable interest. The main difference between the latter and other quantum methods of information protection is the absence of any cryptographic transformations and, as a consequence, the absence of the problem of encryption keys distribution (relevant in modern symmetric cryptography).

Analysis of existing researches and problem statement

Nowadays, there are proposed several dozens of various protocols of the QSDC [1, 4, 5]. For example, protocols for the direct message transmission between two users; protocols for message transmission from one user to another under the control of a third trusted party; protocols message transmission from one user to many and from many to one, as well as protocols of quantum conferences. Most of these protocols are based on the creation and further distribution among users of confused (correlated) [1, 4, 6, 7] states of two or more qubits, which allows information to be transmitted in binary form. The information capacity of the QSDC protocols can be increased through the use of quantum superdense coding [8] and through the use of multidimensional quantum systems (kudits) [1, 4]. From a technological point of view, it is more difficult to operate with kudits than with qubits, but the results of experiments indicate the prospects for implementing practical systems based on them in the near future. In this regard, the **purpose** of this article is to increase the availability of QSDC systems by using the correcting Reed-Solomon codes over the Galois field $GF(3^2)$. In order to achieve this purpose it is necessary to implement the following tasks: 1) to formalize the tritic system of noise-immune coding; 2) to investigate the operation of the QSDC system based on the deterministic protocol with pairs of completely confused qutrits in the message transmission mode; 3) to develop algorithms and software in order to simulate the work of this system; 4) to process the received statistical data and to formulate practical recommendations on the operation of the deterministic protocol in a channel with noise.

Formalization of the noise-immune coding system over the Galois field $GF(3^2)$ for qutrits

Since there are interferences in real quantum channels, for the practical implementation of the QSDC codes are needed to correct these interference and errors. At the present time, there have been developed some families of quantum noise-immune codes that correct quantum states directly distorted in the channel [7].

However, the practical application of such codes requires the use of quantum logic gates [6, 7], from the technological point of view it is still quite difficult and irrational. Since QSDC is designed for the safe classical information transmission over quantum communication channels, then for classical information coding there can be used classical information noise-immune codes right before it is transmitted by quantum particles. In protocols with groups n of the entangled qubits information is transmitted in packets of n bits, so errors will occur by packets of the appropriate length. In the theory of binary codes correcting packets of errors there have been developed a large amount of binary noise-immune codes [9-12] that differ in redundancy and corrective ability. One such code is the Reed-Solomon codes (RS-codes) used for transmission in classical channels with high interference intensity. Using protocols with pairs of entangled qutrits allows to increase the information capacity, and as a result, the speed of information transmission. Therefore, ensuring its error-free transmission by such protocols is an actual task that can be solved with the help of ternary RS-codes. In work [13] the ternary RS-codes are described in detail and there is established the corrective capacity for information transmission using the entangled qutrits pairs in a quantum channel with noise.

In order to simulate the operation of the QSDC system, it is necessary to formalize the mathematical code apparatus in accordance with [9-12]. Let a - an element of the $GF(q^m)$ field of n order where q, m are integers, where $q > 1, m > 0$ and $q^m \neq 2$. If a is a primitive element, then its order is equal to $(q^m - 1)$, that is $a^{q^m-1} = 1$, and $a^i \neq 1$, where $0 < i < (q^m - 1)$. Then the normalized polynomial $g(x)$ of minimal degree over the $GF(q^m)$ field, whose solutions are $(d - 1)$ of the degrees $a^{i_0}, a^{i_0+1}, \dots, a^{i_0+d-2}$ of the element a , is a generating polynomial of RS-codes over the $GF(q^m)$ field: $g(x) = (x - a^{i_0})(x - a^{i_0+1}) \dots (x - a^{i_0+d-2})$, where i_0 is some integer, which sometimes makes it possible to simplify the encoding procedure (often $i_0 = 1$). The length of the obtained code is $n = q^m - 1$ symbols and contain $r = d - 1 = \deg(g(x))$ of verifying symbols, where $\deg(\quad)$ is the degree of the polynomial, and d is the minimum code distance (the minimum of all Hamming distances of all code pairs of symbols). The amount of information symbols $k = n - r = n - d + 1$. Therefore, $d = n - k + 1$. The RS-codes correct $t = r/2$ errors, but require $r = 2t$ of verifying symbols. With their help there are corrected random packets of errors of the length no more than t .

Encoding procedure

In order to obtain the encoded polynomial $C(x)$, it is necessary to add $2t = r$ of verifying symbols to the information polynomial $S(x)$ so that $C(x)$ can be divisible by $g(x)$. Coding can be implemented in two ways: systematic and non-systematic. For non-systematic encoding, the multiplication of $S(x)$ with $g(x)$ is performed as follows: $C(x) = S(x) \cdot g(x)$, the resulting encoded polynomial completely differs from the original one and in order to extract $S(x)$ it is necessary to perform the decoding operation (despite the absence of errors). Such method of coding requires a large resource expenses only for the extraction of the information polynomial $S(x)$, and it can be even without errors. With systematic coding, at the absence of errors in $C(x)$, in order to obtain the information polynomial $S(x)$ it is only necessary to discard $2t = r$ of the last symbols.

Systematic coding is performed as follows:

- 1) We assign $2t = r$ zeros to (x) , we obtain a polynomial: $T(x) = S(x)x^{2t}$
- 2) The polynomial $T(x)$ is divisible by the generating polynomial $g(x)$, there is a rest $R(x)$: $T(x) = S(x)x^{2t} = Q(x)g(x) + R(x)$, where $Q(x)$ is a quotient.
- 3) Based on the rest, the correcting RS-code is determined, for this, from the polynomial $T(x)$ it is necessary to subtract $R(x)$. And so, the code message takes the form: $C(x) = Q(x) \cdot g(x) = T(x) - R(x) = S(x)x^{2t} - R(x)$.

Encoding procedure

Let during the transmission the coded polynomial $C(x)$ has been affected by the noise $e(x)$: $Y(x) = C(x) + e(x)$. In order to restore the polynomial $C(x)$ and the information polynomial $S(x)$ from the resulting $Y(x)$ we need to perform the following operations:

- 1) Calculate the error syndrome

In order to calculate the $s(x)$ error syndrome the codeword $Y(x)$ is divisible by $g(x)$. If the rest is zero, the codeword is considered not to be distorted, i.e., $e(x) = 0$, and at systematic encoding it does not need to perform the whole decoding procedure, you can simply discard the verifying symbols and get the information polynomial $S(x)$. A non-zero rest indicates the presence of at least one error. The rest from the division gives a polynomial that does not depend on $Y(x)$ and which is determined solely by the nature of the error. The components of the error syndrome can be calculated from the formula $s_i = Y(a^i)$, where $i = 1, \dots, 2t$, at $s_0 = 0$. The

obtained components are combined into the error syndrome as follows: $(x) = \overline{s_{2t}s_{2t-1} \dots s_2s_1s_0}$. If all $s_i = 0$, at $i = 1, \dots, 2t$, then $e(x) = 0$ and $Y(x) = C(x)$.

2) *Calculation of the error locator*

The resulting syndrome describes the nature of the error, but does not indicate its position. In order to do this we need to calculate the error locator $L(x)$, whose coefficients directly correspond to the coefficients of the distorted symbols. If the amount of distorted symbols does not exceed t , there is a following correspondence between $s(t)$ and $L(x)$, it is expressed by the following formula $\text{НОД}(x^{n-1}, C(x) = L(x))$, and the calculation of the locator reduces to the problem of finding the smallest common divisor by Euclid's algorithm. In practice, the more efficient Berlekamp-Messi algorithm is usually used.

3) *Finding the roots of the error locator*

The simplest way to find the roots of the polynomial $L(x)$ is the trial and error method, known as the Chen algorithm. This algorithm consists in the sequential computation of $L(a^{-j})$ for each $j = 1, \dots, q - 1$ and in checking the obtained values by zero. If the quantity $L(a^{-k})$ is zero, then a^k is reciprocal to the root of the error polynomial locator and the k element of the code combination contains an error.

4) *Determination of the nature of the error*

Using the error syndrome and finding the roots of the error locator using the Forney algorithm, the nature of the error is determined and a correcting polynomial is constructed. In order to do this we need to perform the following sequence of operations: a) the polynomial of error values is calculated: $(x): W(x) = s(x) \cdot L(x) \bmod x^{2t}$; b) the derivative of the polynomial of the error locator $L(x)$ is found; c) finding the correcting polynomial $e': e' = W(X - 1)L'(X)^{-1}$.

5) *Error correction*

The correcting polynomial is superimposed on the code word and the false distorted symbols are restored: $C(x) = Y(x) + e'(x)$. Then $C(x)$ discards the verifying symbols and restores the information polynomial $S(x)$.

Since at the information transmission through the quantum channel the probability of errors is large enough, the RS-codes over the Galois $GF(3^2)$ field with $k = r$, are chosen, which allows us to correct $t = n/4$ pairs of error tritas. With such parameters of a high level of redundancy, however, a large number of errors is corrected. Also, the value $m = 2$ was chosen, then $n = q^m - 1 = 3^2 - 1 = 9 - 1 = 8$ pairs of tritas, the minimum code distance $= 5$, test symbols $r = d - 1 = 5 - 1 = 4$ pairs of tritas, the amount of information symbols $k = n - r = 8 - 4 = 4$ pairs of tritas, the amount of errors that can be corrected $t = r/2 = 2$ pairs of tritas. Coding and decoding were performed on a simple polynomial $x^2 + x + 2$ in accordance with [13], in which these processes are presented more detailed.

Peculiarities of the message transmission mode of the deterministic QSDC protocol

Let us consider in detail the message transmission mode by a deterministic protocol with pairs completely confused qutrits (Fig. 1) [4]. User A pre-divides its string of tritas into pairs of tritas. If his message is initially a binary string, then it must be converted to a string of tritas. Then the following steps are performed:

1) User B prepares a pair of qutrits in the initial state $|\Psi_{00}\rangle = (|00\rangle + |11\rangle + |22\rangle) / \sqrt{3}$. In this case, the qutrit is a single photon, and a pair of such photon qutrits are entangled over their orbital angular momentum.

2) User B retains the first qutrit («home») and sends to the first user the second one («transmitted») through the quantum communication channel (which can be a single-mode optical line or an open space - an optical wireless channel).

3) User A receives the qutrit transmitted by the user B. With probability q he goes into the eavesdropping control mode and the step 4 is performed, otherwise the user A goes into the message transmission mode and steps 5 - 7 are performed.

4) The eavesdropping control mode is performed by the so-called single-particle quantum measurements of the qutrit states simultaneously by the users A and B in different bases, described in detail in work [14].

5) User A in accordance with his current two-trit string selects one of nine (qutrits) of the coding operations and, with the help of quantum logic gates, performs this operation on the qutrits obtained from the user B.

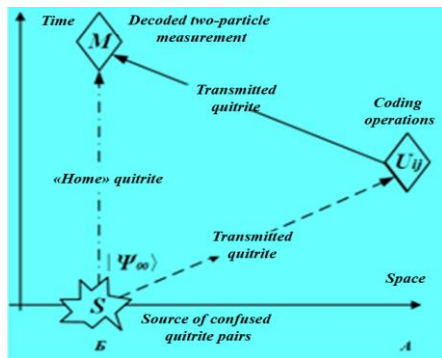


Fig. 1. The message transmission mode by the deterministic QSDC protocol

Modeling the QSDC system operation in the message transmission mode

Any communication system is susceptible to noise, which leads to an incorrect reception of the signal. Interference-free coding is a highly effective solution to this problem, it is based on the introduction of artificial redundancy in transmitted messages. Fig. 2 depicts the structural and logical model of the QSDC

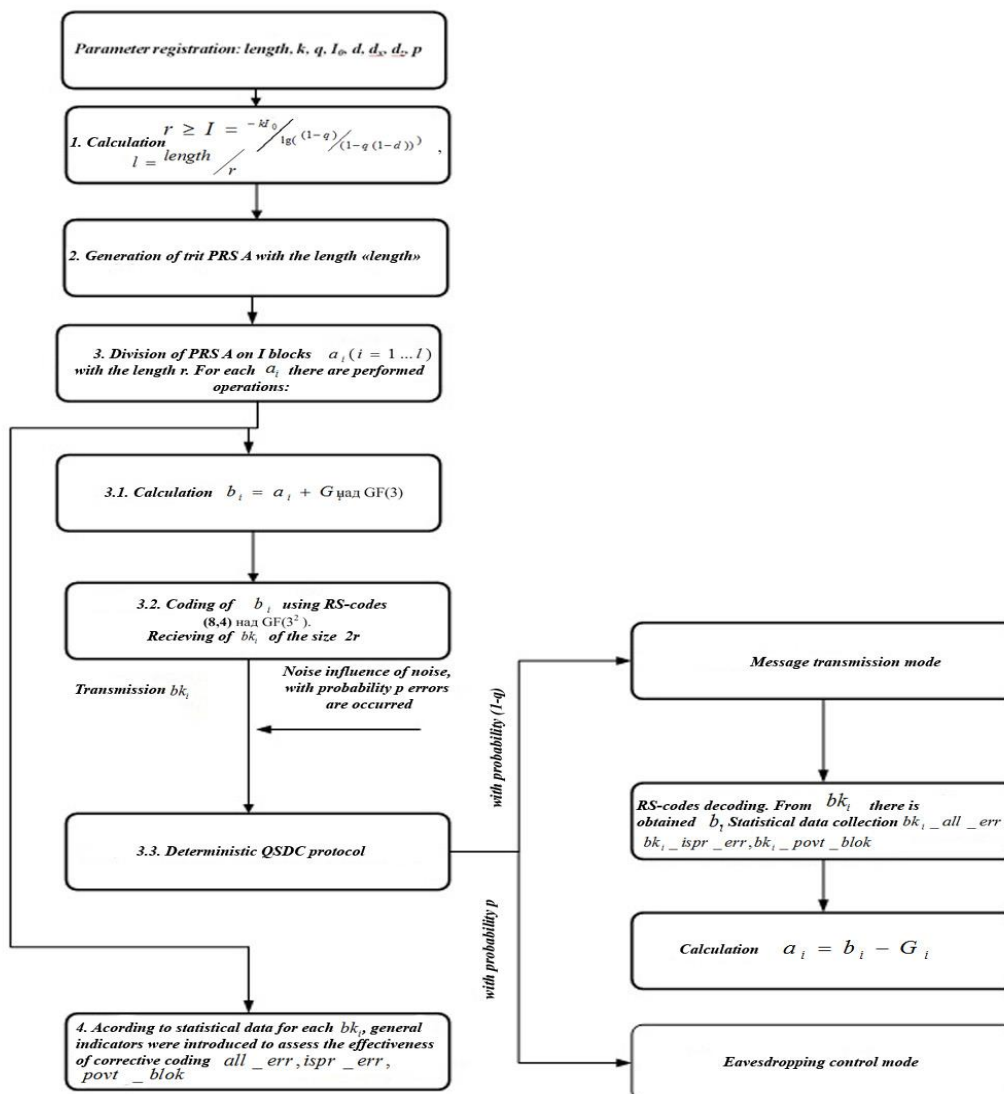


Fig. 2. Structural-analytical model of the QSDC system operation in the message transmission mode using RS-codes for the qutrits system operation in the message transmission mode by the deterministic protocol using RS-codes for the qutrits.

The original deterministic protocol has only asymptotic stability, therefore, in order to enhance the security level of the system it is suggested to apply one of the amplification methods - multiplication by a ternary matrix (like Hill's code) [15] or by a ternary pseudo-random sequence [16]. On Fig. 3 there is a diagram that characterizes the stability of the proposed methods, that is, the dependence of the amount of necessary operations for the selection of sequences (matrices) from the length of these sequences (the size of matrices).

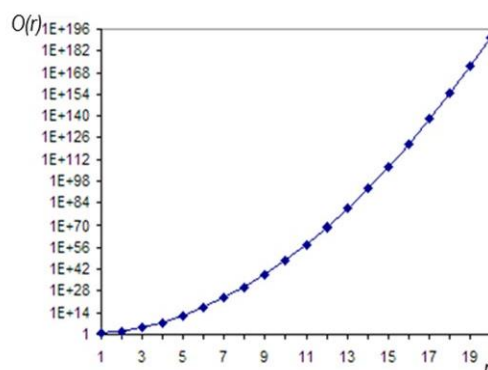


Fig. 3. Estimation of the amplification methods persistence to the frontal attack

In order to simulate the QSDC system operation based on a deterministic protocol with pairs of qutrits and using RS-codes, the input parameters were used: 1) $length = 100,000$ tritas - the length of the transmitted ternary data; 2) $k = 4$ (fixed required level of safety); 3) $q = 0.5$ - the probability of switching the protocol to the eavesdropping control mode and $(1 - q)$ - the probability of switching to the message transmission mode (this switching strategy between modes is considered [4] to be the most optimal for the users A and B); 4) in order to calculate the value r , the following is selected: $l_0 = 2$ - the amount of information that the user E could receive by one round (assuming that the user E could get complete information by one round, that is 2 tritas), $d = 1/3$ - error rate, created by the user E (assuming that the user E would have created the lowest possible error level, see [13]); 5) $p = 0 \dots, 0.5$ - the level (probability) of depolarization (go over the step of 0.01). The parameter p was fixed, then the following operations were performed:

The first step. Taking into account the required level of security, the length of the data block r [14] and the amount of these blocks l , into which the transmitted data was divided, are calculated. For the convenience of using RS-codes, r is chosen multiple to 8, and the value of l is calculated by the formula $l = length/r$.

The second step. Generation of ternary pseudo-random sequences (PRS) with length «length». In order to generate PRS there was used the TriGen algorithm proposed by the authors in [17], based on the method of generating the trit PRS ξ (the pseudocode of the algorithm on Fig. 4). In the TriGen algorithm the following parameters are used: $d = 4$; $s = 6$; $l = d \cdot s = 24$; $p = l \cdot 14 = 336$; $n = 4l = 96$; $e = p - n = 10 \cdot l = 240$; $m = b \cdot n = 96 \cdot b$; $r = 4$; b is a natural number. The operation $Sbox(X)$ performs a non-linear replacement every six tritas of the number X by the corresponding values of the substitution table. We use a substitution table constructed by calculating the inverse element of the field $(X)^{-1} \in GF(3^6)$ with the following affine transformation over the field $GF(3)$: $S(X) = M(X)^{-1} + V$, where $X, V \in GF(3^6)$, and M is a square non-generated matrix over a field GF of size 6×6 . A finite field $GF(3^6)$ is fixed by a polynomial ring with operations according to the module of the irreducible polynomial $m(x) = x^6 + x + 2$ [17].

The substitution table is constructed on following values of the matrix M and the vector V :

$$M = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & 1 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & 2 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 2 & 1 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 2 & 1 & 2 \\ 2 & 0 & 1 & 1 & 2 & 1 \end{pmatrix}; V = \begin{pmatrix} 0 \\ 2 \\ 2 \\ 1 \\ 0 \\ 2 \end{pmatrix}$$

The operation $Mix(X)$ is performed by multiplication of a square non-generated matrices M' of size 24×24 over the field GF by the column vector X over the field $F(3)$. The matrix M' is constructed on the basis of the array U in following way:

$M' [i][j] = U[(j + 24 - i) \bmod 24]$, where $j = \overline{1, \dots, 23}$, and the array U takes the values: $U = \{1, 0, 2, 2, 1, 0, 2, 0, 1, 1, 1, 2, 0, 1, 2, 1, 0, 2, 0, 0, 1, 2, 0, 2\}$

TpiGen

Input: initialization vector VI , secret key K , $VI \in V_{240}$, $K \in V_{96}$, parameter b .

Output: initial sequence $M = (M_1, \dots, M_b)$, $M \in V_{96b}$, $M_q \in V_{96}$, $q \in \overline{1, b}$

1. $x_i = VI_i$, $y_j = VI_{6+j}$, $k_j = K_j$, $i \in \overline{1, 6}$, $j \in \overline{1, 4}$.
2. For $q = 1, q \leq b, q++$ do
 - 2.1. For $j = 0, j < 4, j++$ do
 - 2.1.1. $x_1 = (Sbox(x_1 + k_1) \oplus x_4) \lll k_4$;
 - 2.1.2. $x_2 = (Sbox(x_2 + k_2) + x_5) \ggg k_5$;
 - 2.1.3. $x_3 = Mix((x_3 + x_6) \oplus y_3) \lll x_1$;
 - 2.1.4. $k_1 = Sbox((Sbox(x_1 \oplus k_1) + x_5) \oplus y_1)$;
 - 2.1.5. $k_2 = Sbox(Mix(x_2 + k_2 + x_6) \oplus y_2)$;
 - 2.1.6. $y_1 = Sbox(((k_1 + y_1) \lll x_2) \oplus k_3)$;
 - 2.1.7. $y_2 = Mix(Sbox(((k_2 + y_2) \ggg x_3) \oplus k_4))$;
 - 2.1.8. $x_4 = (Sbox(x_4 + k_3) \oplus x_1) \lll k_2$;
 - 2.1.9. $x_5 = (Sbox(x_5 + k_4) + x_2) \ggg k_1$;
 - 2.1.10. $F = Mix((x_6 + x_3) \oplus y_1) \lll x_4$;
 - 2.1.11. $k_3 = Sbox((Sbox(x_4 \oplus k_3) + x_2) \oplus y_3)$;
 - 2.1.12. $k_4 = Sbox(Mix(x_5 + k_4 + x_3) \oplus y_4)$;
 - 2.1.13. $y_3 = Sbox(((k_3 + y_3) \lll x_5) \oplus k_1)$;
 - 2.1.14. $y_4 = Mix(Sbox(((k_4 + y_4) \ggg x_6) \oplus k_2))$.
 - 2.2. $M_q = (y_1 | y_2 | y_3 | y_4)$

Fig.4. Pseudocode of the TriGen algorithm [17]

The third step. The blocks generated in the previous steps are divided into l smaller blocks a_i ($i = 1, \dots, l$) of size r (the last block is supplemented to r size with random tritas if necessary), the following operations are performed: 1. For each block there is generated a random sequence G_i over the field $GF(3)$ of size $r \times l$. 2. The addition of a_i with the random sequence G_i in the Galois $GF(3)$ field is performed, as a result we obtained b_i : $b_i = a_i + G_i$. 3. Then the result is divided into blocks of 8 blocks of tritas and using RS-codes are coded, as a result each subblock increases in length to 16 tritas, then the subblocks are combined again and a block of size $2r$ is obtained. 4. With the help of a deterministic protocol over a quantum channel with noise the transmission is performed. With probabilities q and $(1 - q)$ there is occurred switching between the two protocol modes. This switching occurs until the entire block is completely transmitted.

The simulation of the eavesdropping control mode was carried out in [14]. In the message transmission mode there is simulated the reception by the user B in turn of each pair of trit block b_{k_i} through the quantum channel (the errors here are caused only by the noise in the channel, assuming that the user E does not perform eavesdropping). Every 8 pairs of received trit of the block b_{k_i} were attempted to be decrypted with the help of RS-codes

If the amount of noise-distorted pairs of tritas was less than three, the codes corrected them unerringly, otherwise these 8 pairs of tritas were re-transmitted (so-called corrective encoding with feedback is used). As a result of decoding by the RS-codes with b_{k_i} there was received b_i of size r . At errors simulation in a channel with noise there was taken into account the symmetry of the depolarizing channel (DPC), namely the probability $p/8$ for replacing the corresponding pair of tritas by one of the 8 others. The next step is to restore of the original message a_i , in order to do this there was performed the subtraction in the Galois field $GF(3)$. For

each transferred block b_k were there were calculated $bk_i_all_err$, $bk_i_ispr_err$, $bk_i_povt_blok$ (the amount of errors, the amount of errors corrected and the amount of times the sub-block was retransmitted).

The fourth step. On the basis of the collected statistics for each b_{k_i} , the total indicators all_err , $ispr_err$ and $povt_blok$ were calculated, which are necessary for estimating the level of availability of the QSDC system in the DPC using the proposed RS-codes.

Processing and discussion of the simulation results

In order to carry out statistical modeling of the QSDC system operation in the message transmission mode (using RS-codes for qutrits and the method of secrecy enhancement), appropriate software was developed in the MATLAB environment (Figure 5).

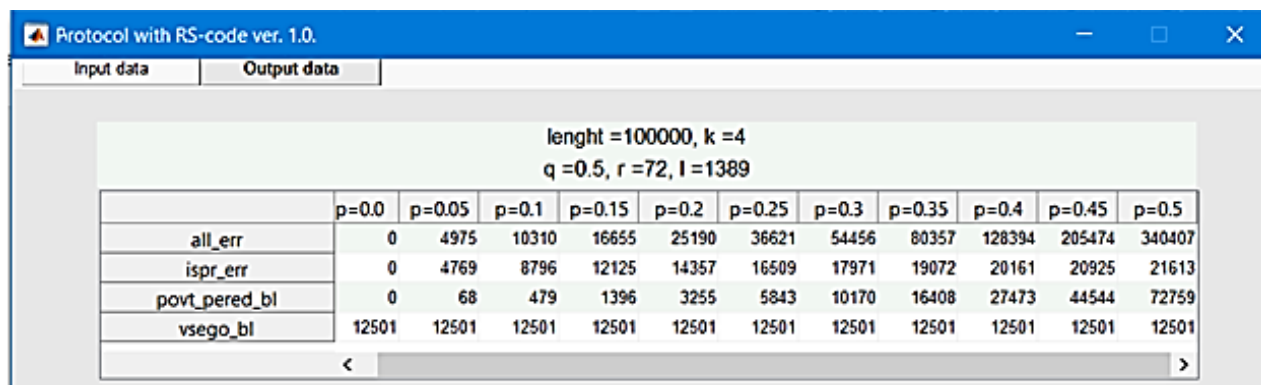


Fig. 5. The result of simulation of the deterministic protocol operation in the message transmission mode

As a result of the simulation there were obtained statistical data on the basis of which the diagrams were created (Figures 6-7) confirming the suitability of these codes for correcting errors at the implementation of the standard protocols of the QSDC in the DPC. In particular, the obtained statistical information shows that the codes are good at correcting errors if the probability of depolarization of the qutrits p in the quantum channel does not exceed 25%, while the amount of retransmitted subblocks is 47% of their total amount. At $p = 10\%$ the amount of retransmitted subblocks is only 3.8% of their total amount. Since in modern experiments the level of errors in the photons transmission in the quantum channel, as a rule, does not exceed several percent, we can conclude that the ternary RS-codes are quite suitable for corrective coding in typical QSDC protocols with qutrits transmission.

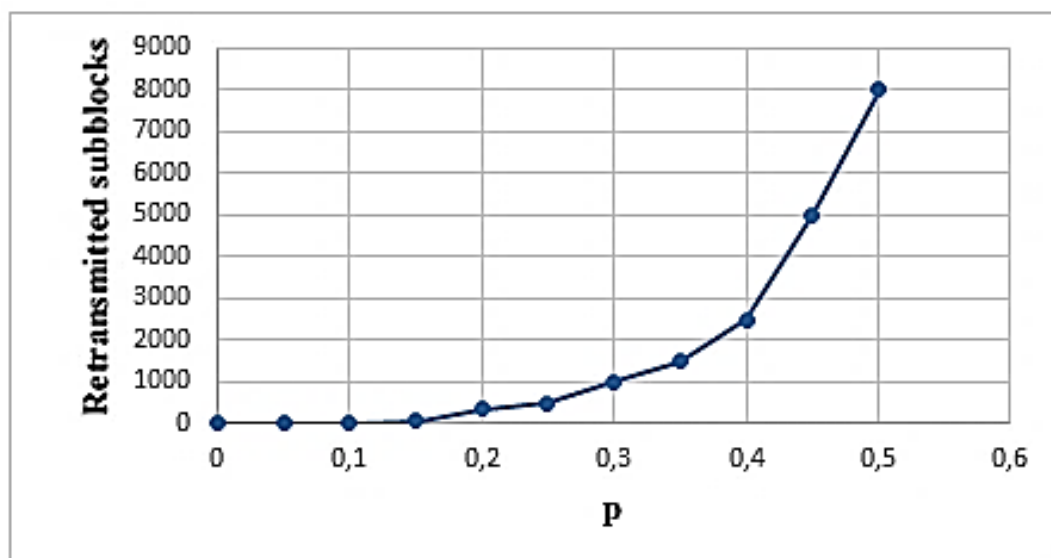


Fig. 6. Dependence of the amount of received and corrected errors on depolarization p

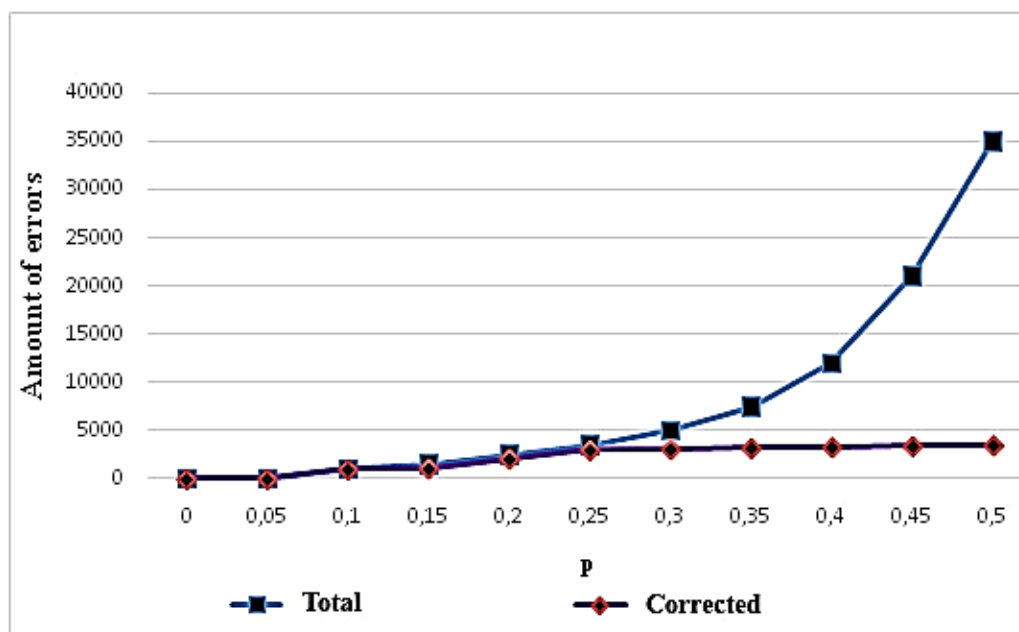


Fig. 7. Dependence of the amount of received and corrected errors, as well as the amount of retransmitted subblocks, on depolarization p

However, this percentage restriction is not critical and may change with the development of quantum security systems depending on operating conditions, expected security level, time constraints and other factors. Therefore, the obtained results can serve as a powerful tool for an expert in the field of information security at the construction of effective QSDC systems.

Conclusions

In this article there have been carried out the researches which make it possible to increase the level of accessibility of the QSDC system by at least 3.8%. A tritium system of noise-immune encoding is formalized in the work, the operation of the QSDC system is investigated on the basis of an improved deterministic protocol with pairs of completely confused qutrits in the message transmission mode. On the basis of these researches there was developed a mathematical model of the QSDC system with the use of noise-immune RS-codes over the finite Galois $GF(3^2)$ field in the message transmission mode. In addition, there has been developed software that simulates the operation of this QSDC system. As a result of the simulation, there were obtained statistical data confirming the suitability of these codes for error correction (with a small level of natural noise in the quantum channel) and the ability to provide high availability of a quantum channel at the implementation of standard protocols.

REFERENCES

- [1] Korchenko O., Vasiliu Y., Gnatyuk S. Modern quantum technologies of information security against cyber-terrorist attacks, Aviation, Vilnius, Technika, 2010, Vol. 14, № 2, P. 58-69, ISSN: 1648-7788 (Print), 1822-4180 (Online), DOI: 10.3846/aviation.2010.10
- [2] Advanced Technologies of Quantum Key Distribution, Edited by Sergiy Gnatyuk, IntechOpen, London, 2018. - 201 p. DOI: 10.5772/65232, ISBN: 978-1-78923-197-7, Print ISBN: 978-1-78923-196-0, Available from: <https://www.intechopen.com/books/advanced-technologies-of-quantum-key-distribution>
- [3] Kilin S.Ja., Horoshko D.B., Nizovcev A.P. Kvantovaja kriptografija: Idei i praktika: Monografija. –Minsk., 2008. – 398 s. ISBN: 978-985-08-0899-8
- [4] Korchenko O., Vasiliu Ye., Gnatyuk S. et al. Quantum Secure Telecommunication Systems, Telecommunications Networks – Current Status and Future Trends (ed. by J.H. Ortiz), InTech, 2012, P. 211-236, DOI: 10.5772/38832, ISBN: 978-953-51-0341-7
- [5] Bostrom K., Felbinger T. Deterministic secure direct communication using entanglement. //Physical Review Letters. 2002. V. 89, № 18. Art. 187902. ISSN: 0031-9007
- [6] Fizika kvantovoj informacii: Kvantovaja kriptografija. Kvantovaja teleportacija. Kvantovye vychislenija /Red. D. Boumeijster [i dr.]; Per. s angl. S.P. Kulik, E. Shapiro; Red. per. S.P. Kulik, T.A. Shmaonov. M.: Postmarket, 2002. S. 33-73. ISBN 5-901095-10-3
- [7] Nil'sen M., Chang M. Kvantovye vychislenija i kvantovaja informacija. - M.: Mir, 2006. - 824 s. ISBN: 5-03-003524-9, 0-521-63503-9

- [8] Cai Q.-Y. Improving the capacity of the Bostrom-Felbinger protocol. //Physical Review A. 2004. V. 69, № 5. 054301. ISSN 1050-2947
- [9] Blejhut R. Teorija i praktika kodov, kontrolirujushhem oshibki. - M.: Kniga po trebovaniju, 2013. - 566 s. ISBN 978-5-458-30241-8
- [10] Morelos-Saragosa R. Iskustvo pomehoustojchivogo kodirovanija. Metody, algoritmy, primenenie /A. Morelos-Saragosa. - M.: Tehnosfera, 2005. - 320 s. ISBN 5-94836-035-0, 0471-49581-6
- [11] Mak-Vil'jams F.Dzh. Teorija kodov, ispravljajushhih oshibki. - M.: Svjaz', 1979. - 744 s. ISBN 5-94836-019-9
- [12] Verner M. Osnovy kodirovanija: uchebnik dlja VUZov. - M.: Tehnosfera, 2004. - 288 s. ISBN 5-94836-019-9
- [13] Korchenko O.G., Vasiliu E.V., Gnatjuk S.O., Kinzerjavij V.M., Gorchins'ka A.M. Ocinka koreguval'noj zdatnosti zavadostijkih trijkovih RS-kodiv pri peredachi informacii povnistju pereplutanimi stanami kutritiv u kvantovomu kanali z shumom. //Zahist informacii. 2010. № 4. S. 44-53. ISSN 2410-7840
- [14] Akhmetov B., Gnatyuk S., Kinzerjavij V., Yubuzova Kh. Model of simulation of operation of the deterministic protocol of safe communication in the quantum channel with noise. //Bulletin of national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. V. 2, Number 372. 2018. S. 6-16. ISSN 1991-3494.
- [15] Vasiliu E.V., Nikolaenko S.V. Sintez osnovanoj na ping-pong protokole kvantovoj svyazi bezopasnoj sistemy prjamoj peredachi soobshhenij. //Nauchnye trudy ONAS im. A.S. Popova. 2009, № 1. S.83-91. ISSN: 2518-7147
- [16] Gnatjuk S., Zhmurko T., Kinzerjavij V., Jubuzova H. Eksperimental'ne doslidzhennja metodu zabespechennja stijkosti kutritivih protokoliv kvantovoi kriptografii. //Zahist informacii. T. 18 №3. 2016. S. 218-228. ISSN 2410-7840
- [17] Gnatjuk S., Zhmurko T., Kinzerjavij V., Sejlova N. Metod generuvannja tritovih psevdovipadkovih poslidovnostej dlja sistem kvantovoi kriptografii. //Bezpeka informacii. 2015. T. 21, № 2. S. 140-147.

Ахметов Б.С., Гнатюк С.А., Жмурко Т.А., Юбузова Х.И.

Түзету кодтарын қолданумен кванттық қауіпсіз байланыстың детерминистикалық хаттамасының имитациялық үлгісі

Аңдатпа. Дәстүрлі криптографиялық әдістердің беріктілігі кейбір математикалық есепті шектелген (полиномиалды) уақытта шешуге мүмкіндігі жоқ деген болжамға негізделген. Беріктілікті қамтамасыз етудің принципіалды жаңа көзқарасы кванттық криптографияны қолдану, ол ақпаратты кванттық күйлер - фотондармен жіберуде базаланады. Бұл әдістерде сенімділік кванттық физика заңдарының принципіалды баяндылығымен қамтамасыз етіледі. Осыған байланысты берілген жұмыста авторлар ұсынған кванттық түзу қауіпсіз байланыстың детерминистикалық хаттамасының имитациялық үлгісінің Рид-Соломон түзетуші кодтарын кванттық жүйелердің қолжетімдік деңгейін жоғарлату үшін қолданумен зерттеулер өткізілген. Алынған нәтижелер берілген кодтарды қателерді түзетуге қолдануға болатынын (кванттық арнада табиғи шулардың үлкен емес деңгейінде) және типтық хаттамаларды жүзеге асыру кезінде кванттық арнаның жоғары қолжеткізілімдігін қамтамасыз етуге қабілетті екендігін куаландырады.

Кілттік сөздер: ақпаратты қорғау, беріктілік, түзетуші кодтар, қателер, кванттық криптография, детерминистикалық хаттама, кванттық түзу қауіпсіз байланыс, кутрит.

Ахметов Б.С., Гнатюк С.А., Жмурко Т.А., Юбузова Х.И.

Имитационная модель детерминистического протокола квантовой безопасной связи с использованием корректирующих кодов

Резюме. Традиционные криптографические методы обладают стойкостью, которая основана на предположительной невозможности решения некоторой математической задачи за ограниченное (полиномиальное) время. Принципиально новым подходом, обеспечения стойкости является применение квантовой криптографии, которая базируется на передаче информации квантовыми состояниями микрочастиц - фотонов. В этих методах надежность обеспечивается принципиальной незыблемостью законов квантовой физики. В этой связи, в данной работе проведены исследования предложенной авторами имитационной модели детерминистического протокола квантовой прямой безопасной связи с использованием корректирующих кодов Рида-Соломона для повышения уровня доступности квантовых систем. Полученные результаты свидетельствуют, что данные коды могут быть использованы для коррекции ошибок (при небольшом уровне природных шумов в квантовом канале) и способны обеспечивать высокую доступность квантового канала при реализации типовых протоколов.

Ключевые слова: защита информации, стойкость, корректирующие коды, ошибки, квантовая криптография, детерминистический протокол, квантовая прямая безопасная связь, кутрит.

УДК 621-039-419; 620.22 – 416

A.S. Berkinbayeva, D.K. Suleyev
(Almati Technological University, Almaty, Kazakhstan)
*E-mail: aknur.b78@mail.ru

PHYSICO-MECHANICAL METHODS OF GASKET (PVD) OF NANOSTRUCTURED COATINGS

Abstract. Creation of metal materials with nanostructured coating, providing optimal physico - mechanical characteristics and increased damping properties.

Key words: damping, chromium-silicon steel, nanostructure, steel.

А.С. Беркинбаева, Д.Қ. Сүлеев
(Алматы технологиялық университеті, Алматы қ, Қазақстан)
(Сейсмологиялық байқаулар мен зерттеулер ұлттық орталығы) АҚ

БӘСЕҢДЕТУШІ ҚОСПАЛАРДЫҢ БЕТІНЕ (PVD) НАНОҚҰРЫЛЫМДЫ ЖАМЫЛҒЫЛАРДЫ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ТӨСЕУДІҢ ӘДІСТЕРІ

Аңдатпа. Мақалада наноқұрылымды жабындыны болат бетіне жағу және беріктік пен диссипацияның оңтайлы сипаттамаларын қамтамасыз ету.

Кілттік сөздер: демпфирлеу, наноқұрылым, қорытпа, болат.

Кіріспе

Өндірісте жоғары демпфирлік қабілеті бар аталған материалдарды кеңінен қолдануға негізгі шектеу кейбір материалдардың қымбатшылығы, олардың түрлерінің аз болуы, сонымен қатар, ең алдымен, беріктігі сияқты құрылымдарды әрқашанда қанағаттандыра алмайтын физика-механикалық сипаттамалар кешені болып табылады.

Зерттеудің негізгі міндеттерінің бірі демпфирлік қосындыланған болат құру болып табылады, сонымен бірге бұл міндетке қосымша мақсат қойылды, демпфирлеуді арттыру үшін наноқұрылымды жабындарды қолдану.

Наноматериалдар арасында бірнеше негізгі түрлерін атап айтуға болады: шоғырландырылған наноматериалдар, наножартылай өткізгіштер, нанополимерлер, нанобиоматериалдар, фуллерен және тубулярлы наноқұрылымдар, катализаторлар, нанокеуекті материалдар және суперамолекулалық құрылымдар.

Зерттеу нысаны

Зерттеу нысаны ретінде болаттар (стандартты: 35Х, 20кп, 08Ю қорытып алынған болаттар : Э1, Э2, Э3, Э4) таңдап алынды.

Қорытпалардың акустикалық (дыбыс деңгейі, дыбыстық қысым деңгейі) және вибрациялық (дірілдік үдеудің деңгейі, діріл үдеудің жалпы деңгейі) және 1 кестеде болаттардың тағайындалуымен жалпы сипаттамалары, 2 кестеде белгілі болаттардың химиялық құрамы, механикалық құрылымы сипаттамалары келтірілген.

3 кестеде зерттелген наноқұрылымды жамылғысы бар қорытпалардың химиялық және механикалық қасиеттері көрсетілген.

1- кесте. Болаттардың тағайындалуы мен жалпы сипаттамалары [1] МЕСТ 4543-71

Болат	Тағайындалуы
35Х	Осьтерге, біліктер, тегершік, сакиналы рельстер және т.б.
20кп	Қалыптандырудан соң немесе термоөңдеусіз - жалғастырғыштар, иінтіректер, өзектер, төлкелер, шайбалар, ашалар, төсемдер, бұрандалар, болттар және т.б. Химиялық-термиялық өңдеуден кейін – төлкелер, кілттер, дискілер, тегершіктер, жалғастырғыштар және басқа ортасы салыстырмалы берік болмайтын, беттік қаттылық пен төзімділігі жоғары талаптар қойылатын бұйымдар
8Ю	Аса күрделі және күрделі созуы бар суық қалыптау арқылы дайындалатын детальдар

2 - кесте. Белгілі металдық материалдардың химиялық құрамы мен механикалық қасиеттері [1] (МЕСТ 4543-71)

Болат	Химиялық құрамы, %							Механикалық қасиеттері, %			
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Қосымша легирлеуші элементтер	KCU, Дж/см ²	ψ	δ ₅	Σ _B	σ _T
35X	0,31-0,39	0,17-0,37	0,5-0,8	0,8-1,1	≤0,3	N≤0,008; Cu≤0,30 S≤0,035; P≤0,035;	70	45	11	930	750
20кп болат	≤0,17-0,24	≤0,07	≤0,25-0,50	≤0,25	≤0,3	Cu≤0,30; S≤0,040; P≤0,035	90	55	25	420	250
08ю	≤0,05-0,11	≤0,05-0,17	≤0,35-0,65	≤0,10	≤0,25	S≤0,04; P≤0,035; Cu≤0,25; N≤0,25 As≤0,08;	90	60	35	330	200

3- кесте. Қорытылған зерттеуге арналған болаттардың химиялық және механикалық қасиеттері [2]

Болат маркасы	Химиялық құрамы %					Механикалық қасиеттері %				
	C	Si	Mn	Ni	Қосымша легирлеуші элемент	σ _B	σ _T	KCU, Дж/см ²	ψ	Δ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Э1	0,35	0,17-0,37	0,5-0,8	0,2	Cr-1,0; Ca 0,10; Ti 0,15	950	770	75	45	15
Э2	0,20	0,17-0,37	0,4	0,2	Cr-0,10 Ti 0,17 Ca 0,15	460	270	100	50	25
Э3	0,10	0,17-0,37	1,5	0,25	Cr 0,30 Ti 0,18 Ca 0,17	450	280	110	55	25
Э4	0,15	0,17-0,37	0,6	0,22	Cr 0,20 Ti 0,20 Ca 0,20	480	300	100	50	25
Э1(нқ)	0,35	0,17-0,37	0,5-0,8	0,2	Cr 0,1 Ti 0,15 Ca 0,10	990	800	100	35	12
Э2(нқ)	0,20	0,17-0,37	0,5-0,8	0,2	Cr 0,10 Ti 0,17 Ca 0,15	560	300	130	45	20

Кеңінен таралған әдіс arc-PVD (ал кеңістікте оны КИБ деп атайды) деп аталатын вакуумды-доғалы буландыру болып табылады.

PVD принципі вакуумда газды концентратпен (азот, оттегі, метан және т.б.) бір уақытта жіберу арқылы жамылғы затты тасымалдауға негізделген. PVD технологиясы бір бірінен ионды массаны иондау ерекшеліктері, жабу әдістері, құрылымдық технологиялық параметрлерімен ерекшеленеді.

КИБ мәні анод ретінде қондырғының корпусы болып табылатын разряд доғасымен катод затының сәулеленуіне негізделген [3].

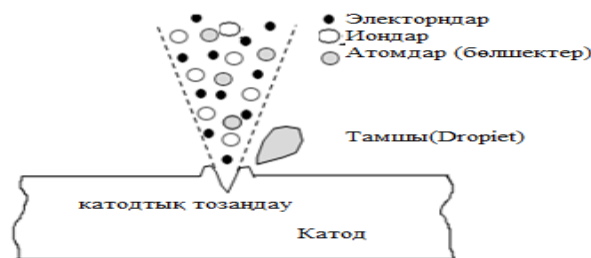
КИБ артықшылығы буланатын заттың жеткілікті жылдам әрекеті болып есептеледі. Бұл зат плазма болып табылады. Буланатын заттарға иондар белсенді түрде шабуыл жасайды, ал бұл субстрат

кабатының тозаңдануын қамтамасыз етеді. Субстрат бетінде бөлшектердің қозғалу жылдамдығы артады, жабын мен субстрат арасында жақсы байланыс түзіледі. КИБ артықшылықтарын атап өткен жөн жабу процесінің жоғары өнімділігі, процестің төмен температурасы (800°C төмен), орталардың бөліну шекарасында анти-коррозиялы кезеңдер, процестің экологиялылығы болып табылады.

КИБ технологиясы келесі кезеңдерден тұрады:

1. Электронды және ионды жылдам шабуыл процестерінің есебінен температураның артуы;
2. Субстратты азоттау процесі;
3. Тоzaңдау есебінен беттің сапасын жақсарту;
4. Жамылғы қабатының ионды тұнуы.

КИБ процесі вакуумдық қондырғыда жүргізіледі [3, 4] бұл кездегі қондырғының корпусы – анод. КИБ кемшіліктері ионды ағынның тамшылы құрамдастарының (титан, хром, алюминий) түзілуі болып табылады. Тамшылы құрамдас жамылғының сапасын едәуір нашарлатуы мүмкін, бұдан шығатыны КИБ мәселесі соңына дейін шешілмеген. КИБ теріс әсерінің төмендету әдістері – технологиялары, техникалық құралдары белгілі. Бұл модульдерді қолдану және катодтың өзіндік формасы. КИБ процесіндегі тамшылардың пайда болу әдісі 1 суретте көрсетілген.

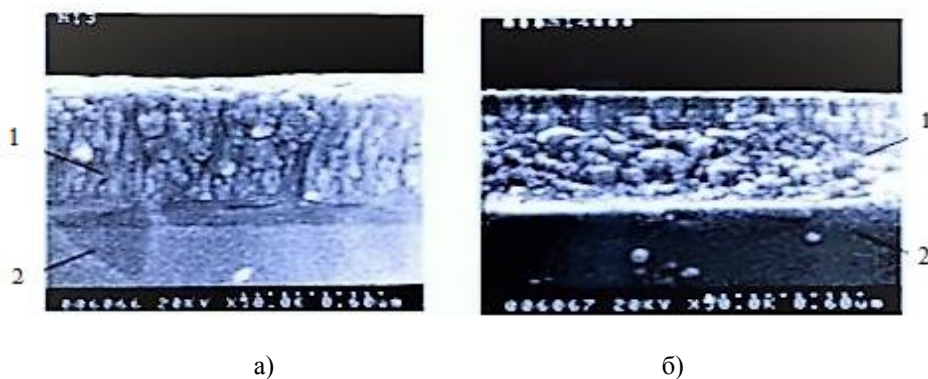


1-сурет. КИБ процесі үшін булы-ионды өрістің микротамшылы құрамдасының қалыптасы сызбасы [4]

Тамшылардың түзілуі [5,6] жұмыстарында қарастырылған. Тамшылардың өлшемі 100 мкм дейін. Бұл аса қажетсіз жағдай, себебі компоненттің көпқабаттылығы илгіштігін жоғалтады.

Тамшылардың өлшемін төмендету және тасымалдау үшін заттың бетінде электрмагниттік өріс қолданылады [5,7]. Ал ғалымдар [8] тамшылы құрамдасты төмендетуге қол жеткізген.

Сонымен қатар тороидты электрмагниттік өрісті қолдана отырып, 2 суретте келтірілген заттың бетіне барар жолдағы тамшының қозғалысын өзгертуге болады [3,9].

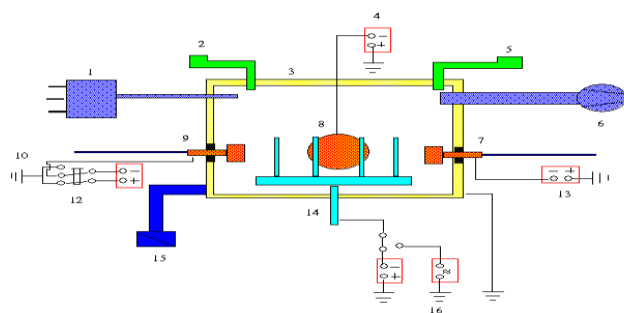


а – КИБ әдісі; б – иондық атқылау:
1 – жамылғы; 2 – үлгі

2-сурет. Ti N жамылғысы үлгісінің құрылымы [10]

Қондырғыны құрып, тамшылы құрамдастардың түзілу технологиясын өзгерту оңтайлы физика-механикалық және бәсеңдетуші қасиеттеріне ие металл материалдың бетіне сапалы наноқұрылымды жамылғымен қамтамасыз етіледі.

Наноқұрылымдық жамылғыны жағу құрылғысы (НҚЖЖ) 3 суретте көрсетілгендей плазмажүргізгіш, электрмагнитті катушка, катодты түйін, катод, анодтан (вакуумды камера қабырғалары) тұрады.



1 – газараластырғыш; 2 – вакуумметр; 3 – қондырғы камерасы; 4 – тездеткіш - сепаратордың электр корек көзі; 5 – температураны қадағалау жүйесі; 6 – вакуумдық жүйе; 7, 9 – доғалық буландырғыштар; 8 – сепарацияланған плазма көзі; 10, 11 – буландырғыштарды суыту жүйелері; 12, 13 – буландырғыштардың электр корек көзі; 14 – аспапты орналастыруға арналған бұрылу үстелі; 15 – камераны қыздыру және суыту жүйесі; 16 – аспапқа жылжыту кернеуін импульсті беру көзі

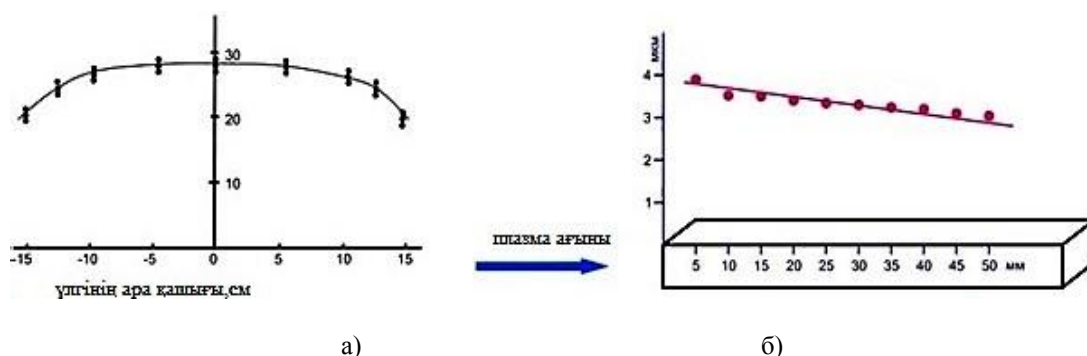
3-сурет. Нанокұрылымдық жамылғыны жағу құрылғысы

Нанокұрылымды жамылғы құрылғысы (НҚЖК) келесідей жұмыс істейді. Плазмажүргізгіш корпусына кернеу беріліп, магнитті өріс түзіледі. Катод және анод арасында разряд пайда болады. Плазмада электр тогы түзіледі. Электрлік өріс плазмажүргізгіштегі (плазмажүргізгіш қабырғасымен) иондар қозғалысына әкеледі. Көз плазма ағынындағы құрамдастар (газдық және металдық) қатынасын басқаруға мүмкіндік береді. Кестеде көздің негізгі қолдану сипаттамалары келтірілген. Салыстыру үшін 4 – кестенің оң жағында дәстүрлі тура токты плазма көзі – ННВ-6.6 буландырғыш қондырғысының қолдану сипаттамалары берілген [11].

4- кесте. ННВ-6.6 негізгі қолдану сипаттамаларының атауы [12]

Атауы	Көзі SPS-1	Дәстүрлі буландырғыш
Плазма ағынының қимасы, см ²	600	500
Доғаның номиналды тогы, А	200	100
Тұтынылатын қуаттылық, кВт	6,5	3,1
Катод шығыны (титан), г/сағ	32,5	18,7
Жамылғыларды жағу жылдамдығы, мкм/сағ	40 дейін	25 дейін
Жылдамдық, мкм/сағ	8 дейін	жоқ дерлік

4-суретте нанокұрылымды жамылғылардың үлгіге тунуы көрсетілген.



а – материалдың тұну жылдамдығының плазма шығысының көзінен 160мм қашықтықта орналасқан төсемге көлденең қимасы бойынша таралуы;
б – жамылғы қалыңдығының "тереңдігі" бойынша- плазма ағынының бағытына параллельді бет бойынша таралуы

4-сурет. Төсемге жабындыны жағу

Қортынды

Біркелкілігі 20% дейінгі жамылғыны жағу "дақ" диаметрі - 300 мм, ал "тереңдігі" 50 мм құрайды [106]. Осы кезде плазма бөлшектері мен құрамдастары плазмажүргізгіш 4 суретте келтірілен жамылғы қабырғасына тұнады.

Демпфирлеуші қорытпалар үлгілерінде нанокұрылымдық жамылғы алу үш катоды бар НҚЖЖ құрылғысында жүргізілген. Демпфирлеуші қорытпалар үлгілерін НҚЖЖ камерасына орналастырған. Ол кезде үлгілер плазма ағынында арнайы механизм есебінен жылжыған.

Нанокұрылымдық жамылғыны зерттелетін металдық материалдар бетіне жағу механизмі бірнеше сатылардан тұрған:

- жағымсыз заттар, қабықшалар, сұйықтық пен шаңнан тазарту мақсатында үлгілер бетін өңдеу;
- зерттелетін металдық материалдар үлгілерін орнату;
- вакуумды қамтамасыз ету (ауа мен басқа газдарды жою);
- бетті қосымша тазалау;
- зерттелетін металдық материалдар үлгілерін термиялық өңдеу;
- жамылғы қабатын жағу (алдын ала қабатты жағу);
- зерттелетін темір негізіндегі металдық материалдар үлгілерінің бетіне нанокұрылымдық жамылғыны жағу.

Үлгілер бетін өңдеу жамылғы мен демпфирлеуші қорытпалар арасындағы адгезиялық байланысты беріктендіруі қамтамасыз етіледі. Үлгілерді арнайы камерада қыздыру су тамшыларын пластиналар бетінен жойылады.

Зерттелетін металдық материалдар үлгілерін НҚЖЖ құрылғысына орнату буландырғыштар мен иондар көздеріне қатысты оңтайлы ара қашықтық пен тұспалдауды қамтамасыз ету мақсатында жүргізілді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] ГОСТ 4543-71. Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия. - М.: Издательство стандартов, 1973. - 68 с.
- [2] Утепов Е.Б., Беркинбаева А.С. Создание диссипативных сталей XVII международная научно-техническая конференция «Безопасность техносферы». - М.: НИТУ МИСиС, 2015 - С. 68 -73.
- [3] Саблев Л.П., Долотов Ю.И., Ступак Р.И., Электродуговой испаритель с магнитным ограничением катодного пятна // Приборы и техника экспериментов. - 1976. - №3. - С.14-16.
- [4] Vetter J., Burgmer W., Dederichs H., Perry A. The architecture and performance of compositionally gradient and multi-layer PVD coating // Material Science Forum. - 1994. - Vol. 163-165. - P. 527-532.
- [5] Верещака А.С. Работоспособность режущего инструмента с износо- стойкими покрытиями. - М: Изд-во «Машиностроение», 1993. - 336 - 337 с.
- [6] Аксенов И.И., Белоус В.А., Падалка В.Г. Перемещение плазменных потоков в криволинейных плазмо-оптических системах // Физика плазмы. - 1978. - №4. - С.425-428.
- [7] Steffens, H.D. et al.: Reduction of Droplet Emission in Random Arc Technology // In: Paper presented at the 17th International Conference on Metallurgical Coatings ICMC-17. - San Diego: California; USA, 1990.
- [8] Martin P.J., Bendavid A. Review of the filtered arc process and material deposition // In: Thin Solid Film. - 2001. - №394. - P. 1-15.
- [9] Boxman R.L., Zhitomirsky V., Alterkop B., Gidalevich E., Beilis I., Keidar M., Goldsmith S. Recent Progress in Filtered Vacuum-Arc Deposition // In: Surface & Coatings Technology. - 1996. - №5.- S. 243-253.
- [10] Латушкина С.Д. Жижченко А.Г. Пискунова О.Ю. Способы управления структурным состоянием защитных вакуумно- дуговых покрытий. // Наука техника. - 2013. - №4. - С. 28- 31.
- [11] Андреев А.А., Саблев Л.П., Шулаев В.М. Вакуумно-дуговые устройства и покрытия. - Харьков: ННЦ ХФТИ, 2005. - 236 с.
- [12] Anders A. Handbook of Plasma Immersion Ion Implantation and Deposition. - New York: John Wiley & Sons, 2000. - 435 p.

Беркинбаева А.С., Сулеев Д.Қ.

Бәсеңдетуші қоспалардың бетіне (PVD) нанокұрылымды жамылғыларды физика-механикалық төсеудің әдістері

Түйіндемесі. 35Х, 20кп, 08Ю конструкциялық болаттардың беткейіне (Ti - Al-N) жағылған нанокұрылымдық жамылғы дыбыстық сәулелену 4 - 10 дБА төмендеуі кезінде демпфирлік қасиеттердің 10-40% ($Q^{-1} = (5,65 - 6,88 \cdot 10^{-4})$) жоғарылауын қамтамасыз етті. Бұл шама нанокұрылымдық жабынсыз болаттармен салыстырғанда айтарлықтай жоғары, бұл әр түрлі физикалық-химиялық табиғатымен фазалардың бөліну шекарасымен жүйелердің жоғары диссипативті қабілеттілігімен байланысты болады.

Кілттік сөздер: демпфирлеу, нанокұрылым, қорытпа, болат.

Беркинбаева А.С., Сулеев Д.Қ.

Методика исследования фазового и химического состава наноструктурного покрытия с помощью (PVD)

Резюме. Созданные демпирующие металлические материалы на основе железа обеспечивают снижение уровней шума и вибрации на 4-10дБА, что зачастую недостаточно для оптимального решения проблем надежности, шума и вибрации. Появление нанотехнологии позволило материаловедам существенно повысить физико-механические свойства сплавов на основе железа.

Ключевые слова: демпфирование, наноструктура, сплав, сталь.

УДК 539.23;539.216.1

A.S. Berkinbayeva¹, D.K. Suleyev², G.A. Burshukova³, M.K. Malgazhdarova⁴

(¹Almati Technological University, Almaty, Kazakhstan)

(² АО "Natsionalnyy Tsentr Seysmologicheskikh Nablyudeniye I Issledovaniy" Almaty, Kazakhstan)

(³Kazakh National Research University of Technology. K.I. Satpayeva, Almaty, Kazakhstan)

(⁴IT International University, Almaty, Kazakhstan)

*E-mail: aknur.b78@mail.ru

INFLUENCE OF THERMAL PROCESSING ON SOUND RADIATION OF LOW-CARBON STEEL WITH NANOSTRUCTURAL COATING

Abstract. The main idea of the work is to physically simulate the collision process during the operation of metal parts and to develop alloys with increased damping properties with a nanostructured coating.

Chromosilicate steels (standard: 33XC, 38XC, 40XC, smelted: ABC-111, ABC-112, ABC-113) were chosen as the object of research. The acoustic (sound level, sound pressure level) and vibrational (level of vibration acceleration, general level of vibration acceleration) characteristics of alloys were investigated. Experiments have shown that melted alloys (ABS-111, ABS-112, ABS-113) have reduced sound emission and high internal friction, so they are recommended for introduction into production.

Key words: sound emission, damping, chromium-silicon steel, nanostructure, alloy, steel.

А.С. Беркинбаева¹, Д.К. Сулеев², Г.А. Буршукова³, М.К. Малгаждарова⁴

(¹Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан)

АО ²Национальный центр сейсмологических наблюдений и исследований, Алматы, Казахстан

³Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

⁴ИТ Международный университет, Алматы, Казахстан

*E-mail: aknur.b78@mail.ru)

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ЗВУКОИЗЛУЧЕНИЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ С НАНОСТРУКТУРНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Аннотация. Основная идея работы заключается в физическом моделировании процесса соударения при работе металлических деталей и разработке сплавов с повышенным демпфирующими свойствами с наноструктурным покрытием.

В качестве объекта исследования были выбраны хромосилицидные стали (стандартные: 33XC, 38XC, 40XC; выплавленные: ABC-111, ABC-112, ABC-113). Исследовали акустические (уровень звука, уровень звукового давления) и вибрационные (уровень виброускорения, общий уровень виброускорения) характеристики сплавов. Эксперименты показали, что выплавленные сплавы (ABC-111, ABC-112, ABC-113) обладают пониженным звукоизлучением и высоким внутренним трением, поэтому они рекомендуются для внедрения в производства.

Ключевые слова: звукоизлучение, демпфирование, хромосилицидные стали, наноструктура, сплав, сталь.

Введение

Промышленное оборудование изготавливается из сталей и сплавов, характеризующихся комплексом физико-механических характеристик. Они оценивают прочностные, пластические свойства сталей и сплавов, но недостаточны для оценки шумовых и вибрационных свойств. Для конструкторов и технологов ощущается дефицит сведений по акустическим и демпфирующим характеристикам сталей и сплавов, используемых для деталей промышленного оборудования [1].

Методы

Целью работы является разработка новых хромокремнистых сталей, обладающих повышенными демпфирующими свойствами, использование которых обеспечит снижение производственного шума и создание акустического комфорта.

При работе вышеуказанных деталей и узлов из сталей 33ХС, 38ХС, 40ХС излучается интенсивный шум и вибрация. Одним из эффективных способов снижения шума соударений является использование демпфирующих сплавов, которые обеспечивают снижение шума в источнике возникновения, создают акустический комфорт на рабочем месте. До сих пор неизвестно применение демпфирующих сплавов для замены сталей 33ХС, 38ХС, 40ХС. Применение других методов снижения шума (звукоизоляция, звукопоглощение, индивидуальные средства защиты) для вышеуказанных деталей узлов неэффективно из-за загромождения рабочего пространства (звукоизоляция, звукопоглощение), повышения пожароопасности и запыленности (звукопоглощение), маскирования предупреждающих сигналов (использования индивидуальных средств защиты).

Назначение сталей и общая характеристика приведены в таблице 1. Механические свойства и химический состав исследованных сталей приведены в таблицах 2 и 3.

Одной из поставленных задач данной работы является разработка новых демпфирующих металлических материалов на основе железа. В связи с этим путем добавления легирующих элементов (хрома, скандий, никеля) в химический состав стандартных сталей были получены новые стали с повышенными демпфирующими свойствами. Принципы легирования сплавов в работе основаны на изучении диаграмм состояния Fe-C, Fe-Cr, Fe-Ni; Fe-Si; Fe-Sn, которые определяют в условиях равновесия фазовый состав сплава в зависимости от температуры и концентрации компонентов и позволяют качественно характеризовать многие физико-химические, механические и технологические свойства сплавов.

Литье производилось в кокиль. По сравнению с песчаной формой оно имеет ряд преимуществ: относительную долговечность формы и ускоренное охлаждение в ней отливки, резкое сокращение или практически полное исключение расхода формовочных материалов; увеличение съема с формовочной площадки в 2-6 раз, повышение производительности труда в 1,5-6 раза, уменьшение шероховатости поверхности, повышение точности отливок, увеличение плотности отливок, уменьшение размеров прибылей и часто даже их устранение. Плавку производили в индукционной печи.

Таблица 1. Назначение и общая характеристика сталей [2]

Сталь	Назначение
33ХС	Стали применяются для деталей пружинного типа сравнительно небольших сечений: шайбы Бельвиля, диски трения, торсионные валы. Кроме того, валы муфт сцепления рычаги переключения передач, валы коробок скоростей, балансиры, выпускные клапаны тракторных двигателей
38ХС	
40ХС	

Таблица 2. Механические свойства сталей (ГОСТ 4543-71) [3]

Сталь	Режим термообработки (t, °C)	σ _T	σ _B	δ ₅	φ	α _n , Дж/см ²	НВ после от- жига, не более
		МПа		%			
		не менее					
33ХС	3, 920, в или м + Ов, 630, в или м	700	900	13	50	80	260
38ХС	3, 900, м + Ов, 630, м	750	950	12		70	255
40ХС	3, 900, м + Ов, 540, м	1100	1250		40	35	
	Зизо, 900-910, селитра 300-350, возд.					50	
АБС-111	3, 900, м + Ов, 630, м	780	920	12	55	85	290
АБС-112	3, 900, м + Ов, 630, м	770	940	14	48	88	270
АБС-113	3, 900, м + Ов, 630, м	860	970	13	45	55	280
Примечание. 1 кгс/мм ² ≈ 10 МПа; 1 кгс/см ² ≈ 10 Дж/см ² .							

Таблица 3. Химический состав исследованных сталей [4]

№	Сталь	C	Si	Mn	Cr	Ni	Sc	НСП, м
1	33ХС	0,29-0,37	1,00-1,4	0,3-0,6	1,3-1,6	0,3	-	
2	38ХС	0,34-0,42	1,0-1,4	0,3-0,6	1,3-1,6	0,3	-	
3	40ХС	0,37-0,45	1,2-1,6	0,3-0,6	1,3-1,6	0,3	-	
4	АВС-111	0,35	1,20	0,45	1,45	0,5	0,15	
5	АВС-112	0,36	1,30	0,35	1,55	0,6	0,61	
6	АВС-113	0,40	1,35	0,50	1,45	0,45	0,16	
7	33ХС(НС)	0,29-0,37	1,00-1,4	0,3-0,7	1,3-1,6	0,3	-	$2 \cdot 10^{-7}$
8	АВС-311(НС)	0,40	1,35	0,50	1,45	0,45	0,16	$2 \cdot 10^{-7}$

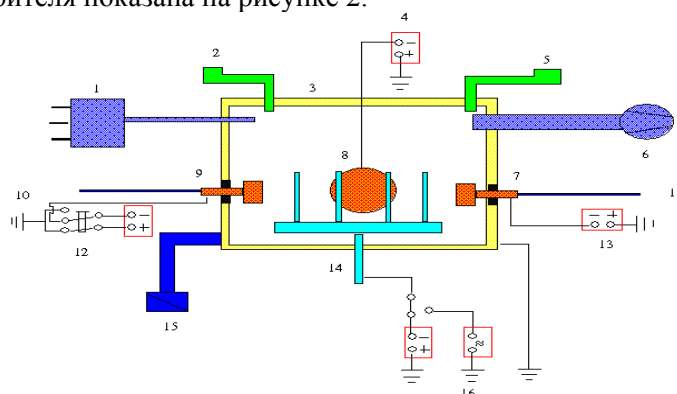
На основе анализа установок для исследования акустических (уровень звука, уровень звукового давления) и вибрационных (уровень виброускорения, общий уровень виброускорения) свойств сталей было выбрано устройство для комплексного исследования акустических и вибрационных свойств пластинчатых и трубчатых образцов сталей с последующей модернизацией [5].

Формирование покрытия наноструктурным покрытием

Для реализации основных положений по формированию многофункциональных покрытий на рабочих поверхностях хромосилицистой стали, была использована специальная установка на основе модернизированного вакуумно-дугового агрегата ННВ-6.6-ИЗ (Московский институт стали и сплавов) [6].

В частности, установка позволяет сепарировать нейтральные частицы (микрокапельная фаза). Сепарация капельной составляющей производится в результате отклонения заряженных частиц ионного потока (ионы, электроны) мощным магнитным полем. Кроме того, сепаратор может выполнять роль ускорителя плазменного потока, служить источником электронов для термоактивации инструмента и источником высокозаряженных ионов газа (например, азота) для стимулированной химико-термической обработки инструмента.

Принципиальная схема универсальной вакуумно-дуговой установки представлена на рисунке 1, схема сепаратора-ускорителя показана на рисунке 2.



1 – газосмеситель; 2 – вакуумметр; 3 – камера установки; 4 – источник электропитания ускорителя-сепаратора; 5 – система контроля температуры; 6 – вакуумная система; 7, 9 – дуговые испарители; 8 – источник сепарированной плазмы; 10, 11 – системы охлаждения испарителей; 12, 13 – источники электропитания испарителей; 14 – поворотный стол для размещения инструмента; 15 – система нагрева и охлаждения камеры; 16 – источник импульсной подачи напряжения смещения на инструмент

Рис.1. Принципиальная схема вакуумно-дуговой установки универсального назначения [7]

Источник сепарированной плазмы (рисунок 2) состоит из плазмоведа, который представляет собой часть тора с углом 120° . Внутренний диаметр тора равен 200 мм. С наружной стороны плазмоведа расположена электромагнитная катушка. На входе плазмоведа располагается катодный узел с закрепленным на нем катодом, который смещен от центра плазмоведа таким образом, что он находится относительно центра тора на радиусе $R_0 = \sqrt{r \cdot R}$, где r и R соответственно малый и большой радиусы стенок плазмоведа. На противоположном конце плазмоведа располагается анод дугового разряда, которым могут служить стенки вакуумной камеры. На корпус плазмоведа подается положительное или отрицательное напряжение.

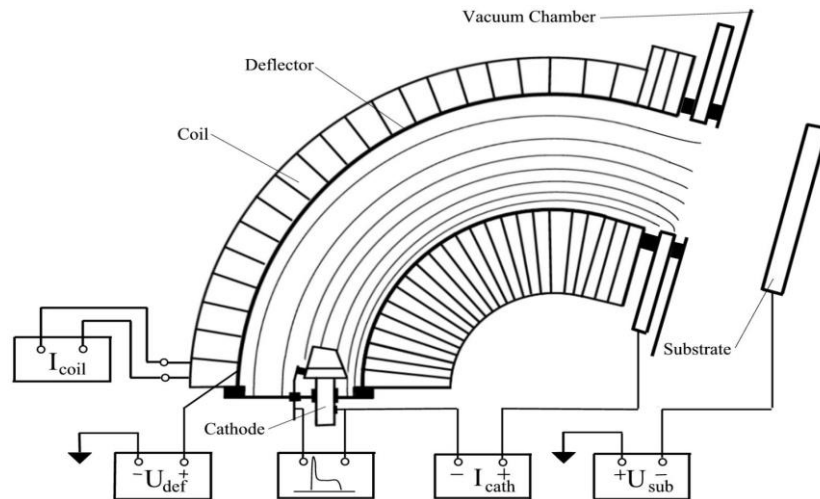


Рис. 2. Источник сепарированной плазмы [8]

При пропускании тока через катушку внутри плазмоведа создается равномерное по длине магнитное поле. Величина напряженности магнитного поля на осевой линии тора составляет около 600 эр. Дуговой разряд зажигается между катодом и анодом и обеспечивает прохождение электронного тока дуги через плазму, сформированную внутри плазмоведа. Поскольку электронная компонента плазмы замагничена, то силовые линии магнитного поля, пересекающие катод и проходящие вблизи оси плазмоведа принимают потенциал близкий к потенциалу катода, а силовые линии вблизи стенок плазмоведа – потенциал стенок. Электрическое поле обеспечивает дрейф ионов от стенок или к стенкам плазмоведа – в зависимости от полярности и величины напряжения, приложенного к стенкам. Таким образом, ионизованная компонента плазмы транспортируется вдоль силовых линий магнитного поля по плазмоводу к выходу. Тогда как микрочастицы и нейтральная компонента плазмы осаждаются на стенках плазмоведа.

С учетом низкой электропроводности субстратов из градиентной керамики была разработана специальная технология синтеза покрытий на основе использования специальных источников низко- и среднеэнергетической плазмы (газовой и газометаллической), разделения процессов термоактивирования и очистки поверхности субстрата, гашения микродуг и сепарации капельной составляющей, особенно при использовании элементов с относительно низким атомным весом (Al, Ti и др.).

Результаты и их обсуждение

Вибрационные характеристики исследованных хромокремнистых сталей (33ХС, 38ХС, 40ХС, 33ХС(НС)) и новых разработанных сталей АБС-111, АБС-112, АБС-113 и АБС-113(НС), представлены в таблицах 3,4 и на рисунках 3-4.

В таблице 3 представлены вибрационные характеристики образцов (пластины размером 50x50x5 мм) из хромокремнистых сталей 33ХС, 38ХС, 40ХС и 33ХС(НС), после соударения с шарами-ударниками диаметрами $d=9,5$ мм, $d=12,7$ мм, $d=15,2$ мм и $d=18,3$ мм.

Характер кривых уровней виброускорений (УВУ) имеет следующий вид:

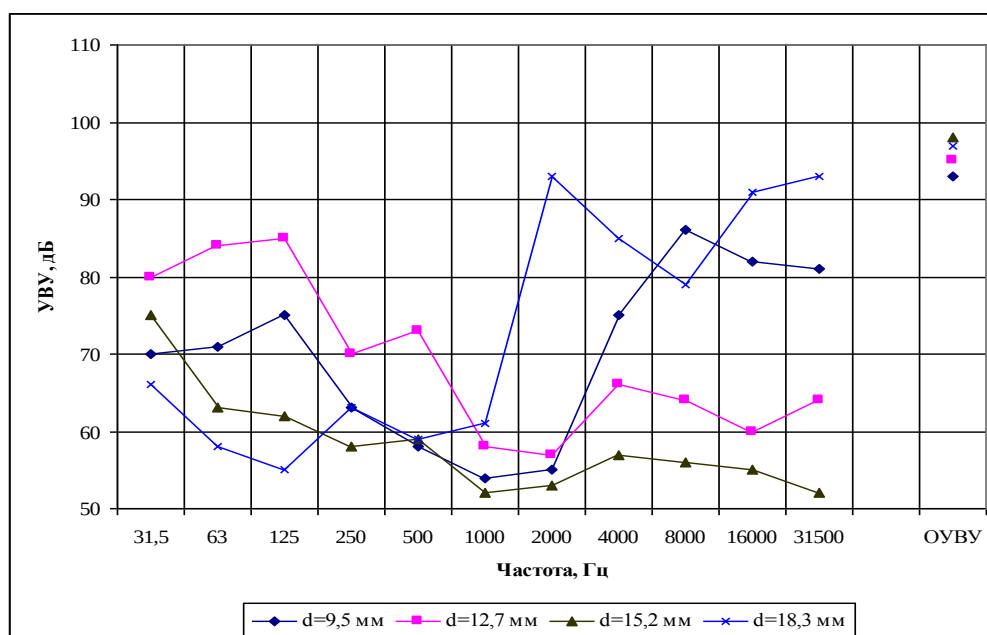
- уровни виброускорения исследованных образцов изменяются в диапазоне 51-120 дБ;
- максимумы уровней виброускорения наблюдаются на частотах 31,5 Гц, 63 Гц, 8000 Гц, 31500 Гц;
- минимумы уровней виброускорений образцов характерны для частот 1000-31500 Гц (51-54 дБ);
- максимальные значения уровней виброускорений сравниваемых образцов характерны при соударениях с шаром-ударником диаметром $d=18,3$ мм;
- минимальные значения уровней виброускорений сравниваемых образцов характерны при соударениях с шаром-ударником диаметром $d=9,5$ мм;
- максимумы уровней виброускорения по характеристике «Lin» у образцов 33ХС, 38ХС, 40ХС наблюдаются при соударении шаром-ударником диаметром $d=18,3$ мм (119-122 дБ).

Амплитуднозависимое демпфирование (АЗД) виброускорения заключается в том, что при соударении шара-ударника большей массы с образцом генерируется уровень виброускорения меньшего значения, чем при соударении шара-ударника меньшей массы. Амплитуднозависимое демпфирование обнаружено в следующих случаях.

Таблица 3. Вибрационные характеристики образцов (пластины 50x50x5 мм) [9]

№ п/п	Марка стали	Диаметр шара-удар- ника, d, мм	Уровни виброускорения, дБ, в октавных полосах со среднегеометриче- скими частотами, Гц												ОУВУ, дБ
			31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	31500		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	33ХС	9,5	86	105	87	66	65	66	62	64	65	68	72	109	
		12,7	100	115	95	79	55	54	52	51	51	56	51	119	
		15,2	89	117	89	68	58	56	53	55	84	85	93	119	
		18,3	88	120	88	68	59	56	54	92	95	91	93	122	
2	38ХС	9,5	84	113	85	69	68	64	68	69	66	71	68	116	
		12,7	84	114	80	81	66	63	62	63	64	66	64	117	
		15,2	80	116	82	75	64	66	64	65	78	64	65	117	
		18,3	81	118	85	69	65	68	63	63	85	88	88	119	
3	40ХС	9,5	79	114	81	68	67	65	65	67	64	75	75	115	
		12,7	81	115	85	81	68	66	66	65	66	73	76	118	
		15,2	75	118	82	77	62	69	64	67	67	69	70	121	
		18,3	68	117	88	66	65	71	70	68	90	82	90	122	
4	33ХС (НС)	9,5	75	103	78	65	62	61	63	64	61	71	71	111	
		12,7	78	111	79	70	65	64	65	66	65	71	74	114	
		15,2	74	116	82	78	68	69	68	68	67	75	77	118	
		18,3	81	115	84	70	61	70	65	68	67	80	75	119	

В соответствии с рисунком 3 на частоте 31,5 Гц при соударении образца 33ХС шаром-ударником диаметром d=12,7 мм ОУВУ=100 дБ, а при соударении 33ХС шаром-ударником диаметром d=15,2 мм ОУВУ=89 дБ. Эффект АЗД=11 дБ.



(d=9,5÷18,3 мм) – диаметры ударников шаров

Рис.3. Характеристики виброускорений стали 33ХС при соударении [10]

В таблице 4 представлены уровни виброускорения образца АБС-113(НС). Уровни вибрации образца с наноструктурным покрытием имеют свои особенности: общие уровни виброускорения ниже, чем у образцов АБС-113, АБС-112, АБС-111. Наблюдаются минимальные значения УВУ в диапазоне частот 500, 1000, 2000, 4000, 8000, 16000, 31500 Гц. Несколько отличаются УВУ после соударения с шарами-ударниками диаметрами d=9,5 мм, d=12,7 мм, d=15,2 мм и d=18,3 мм.

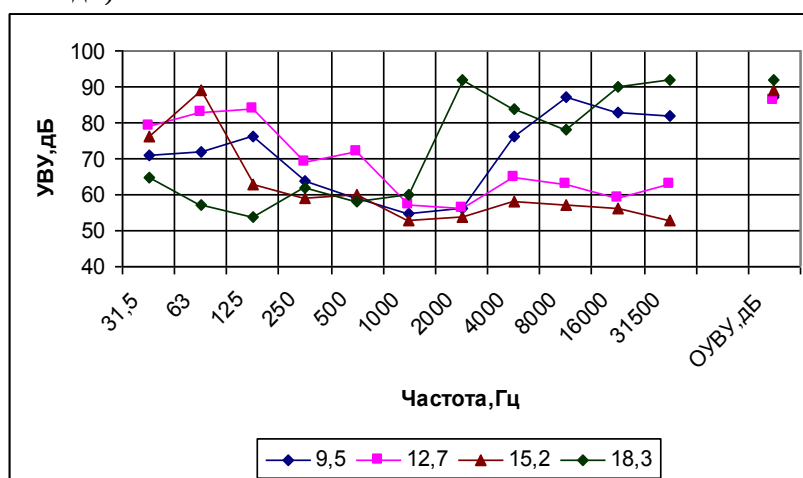
Таблица 4. Вибрационные характеристики разработанных сплавов АБС-111, АБС-112, АБС-113 и АБС-113(НС) [10].

Маркировка стали	Диаметр шара-ударника, d, мм	Уровни виброускорения, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц											ОУВУ, дБ
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	16000	31500	
АБС-111	9,5	71	72	76	64	59	55	56	76	87	83	82	87
	12,7	79	83	84	69	72	57	56	65	63	59	63	86
	15,2	76	89	63	59	60	53	54	58	57	56	53	89
	18,3	65	57	54	62	58	60	92	84	78	90	92	92
АБС-112	9,5	61	71	70	63	55	56	55	56	53	60	53	71
	12,7	52	84	65	61	58	55	55	60	61	54	54	84
	15,2	93	121	98	93	72	56	59	54	57	59	67	121
	18,3	119	99	88	87	61	58	54	60	58	57	54	119
АБС-113	9,5	71	84	73	56	58	54	59	57	58	55	54	84
	12,7	94	79	73	74	68	64	68	67	65	53	54	94
	15,2	70	100	91	69	60	63	56	59	54	53	56	100
	18,3	88	119	84	58	64	74	79	80	80	83	82	119
АБС-113(НС)	9,5	72	85	76	58	57	56	60	58	59	56	58	85
	12,7	91	81	75	76	67	67	65	66	66	54	58	91
	15,2	69	97	92	70	59	65	58	60	55	56	58	97
	18,3	86	115	83	57	65	73	80	87	79	80	82	115

Состояние исследованных сталей: после двойной закалки и низкого отпуска.

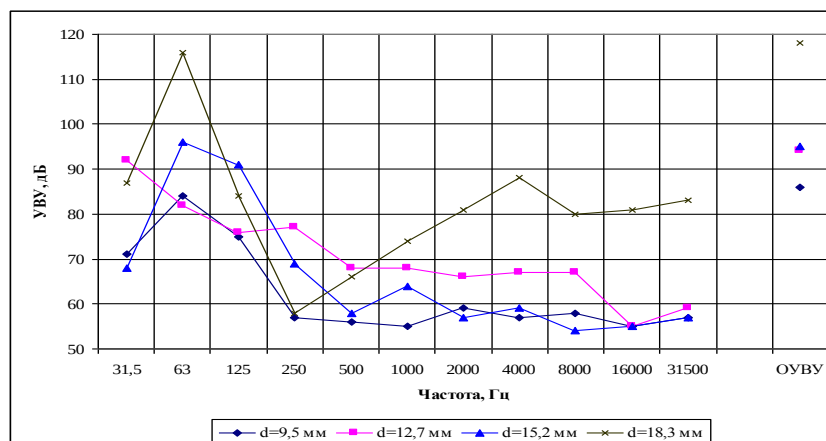
На рисунке 4,5 характер кривых разработанных сталей уровней виброускорения (УВУ) имеет следующий вид:

- уровни виброускорения исследованных образцов изменяются в диапазоне 53-128 дБ;
- максимумы наблюдаются на частотах 31,5 и 63 (100-121 дБ);
- минимумы уровней виброускорения образцов характерны для частот 500 Гц, 1000 Гц, 4000 Гц, 8000 Гц (52-54 дБ);
- максимальные значения уровней виброускорения сравниваемых образцов характерны при соударениях с шаром-ударником диаметром d=15,2 мм и d=18,3 мм;
- минимальные значения уровней виброускорения сравниваемых образцов характерны при соударениях с шарами-ударниками диаметрами d=9,5 мм и d=12,7 мм;
- максимумы уровней виброускорения по характеристике «Lin» у образцов АБС -111, АБС-112, АБС-113 и АБС-113 (НСП) наблюдаются при соударении с шарами-ударниками диаметрами d=15,2 мм и d=18,3 мм (92-121 дБ).



(d=9,5÷18,3 мм) – диаметры ударников шаров

Рис. 4. Характеристики виброускорений образца АБС-111 [11] при соударении



(d=9,5÷18,3 мм) – диаметры ударников шаров

Рис.5. Характеристики виброускорений образца АБС-113(НС) при соударении [11]

Закключение

Результаты, полученные при проведении работы, заключаются в следующем.

1. Разработаны новые демпфирующие металлические материалы на основе железа. Объектом исследования были выбраны как стандартные марки хромосилицистых сталей 33ХС, 38ХС, 40ХС, так и новые, выплавленные хромосилицистые стали, такие как АБС-111, АБС-112 и АБС-113, легированные хромом, никелем, скандием.

2. Разработаны хромосилицистые стали 33ХС(НС) и АБС-113(НС) с нанесенными наноструктурными покрытиями (Ti-Al-N).

3. Источниками затухания колебаний в сталях 33ХС, 38ХС, 40ХС, 33ХС(НС), АБС-111, АБС-112 и АБС-113, АБС-113(НС) в амплитудно-зависимой области являются упругое двойникование, бездиффузионное обратимое фазовое превращение (мартенситное превращение) и магнитно-упругое рассеяние энергии.

ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Фавстов Ю.К., Шульга Ю.И. Сплавы с высокodemпфирующими свойствами. - М.: Металлургия, 1973. - 255 с.
- [2] Сулеев Д.К., Утепов Е.Б., Кожакан А.К. и др. Проблемы снижения шума транспортных машин // Материалы второй Международной научно-практической конференции молодых ученых. - Алматы: КазНТУ, 2002. - Ч.2. - 728 с.
- [3] Злобинский В.М., Муравьев В.А. Звукоизлучение чугунов // Металловед. и терм. обр-ка металлов. - 1971. - № 11. - С. 49-51.
- [4] Uteпов E.B., Orzhanova Zh., Malgazhdarova M.K. Study of vibroacoustic properties of complexly doped iron-based alloys // Materials of International Scientific and Practical Conference. «Green economy is the future of humanity». - EKSTU, 2014, may 24-25. - P. 240-250.
- [5] Блинков И.В., Волхонский А.О., Лаптев А.И., Керамико-металлические (TiN-Cu) наноструктурные ионно-плазменные вакуумно-дуговые покрытия для режущего твердосплавного инструмента // Известия вузов. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. - 2013. - №2. - С. 54-59.
- [6] Martin P.J., Bendavid A. Review of the filtered arc process and materials deposition // In: Thin Solid Film. - 2001. - №394. - P. 1-15.
- [7] Латушкина С.Д., Жижченко А.Г., Пискунова О.Ю. Способы управления структурным состоянием защитных вакуумно-дуговых покрытий. // Наука техника. - 2013. - №4. - С. 28-31.
- [8] Блинков И.В., Волхонский А.О., Аникин В.Н., Конюхов Ю.В., Наноструктурные износостойкие покрытия на основе многокомпонентных нитридов, получаемые методом вакуумно-дугового ионно-плазменного осаждения // Физико-химия поверхности и защита материалов. - 2012. - Т. 48, №6. - С. 546-553.
- [9] Утепов Е.Б., Карипбаев С.Ж., Малгаждарова М.К., Беркинбаева А.С. Определение диссипативных параметров хромоникелевых сталей // vestnik kazntu (126) - 2018- №2 - 350
- [10] Беркинбаева А.С., Сулеев Д.К., Утепов Е.Б., Абуова Р.Ж., Темірден жасалынған жана демпферлі қоспаларды құру // КазГАСА Хабаршысы (65)- 2017-№3 - 81 б
- [11] Утепов Е.Б., Омирбай Р.С., Сулеев Д.К., Беркинбаева А.С., Нургалиев А.К., Ибраева Г.М. Разработка демпфирующих металлических материалов // Журнал «Металлург». - М., 2014. - №11. - С. 96-101.
- [12] Блинков И.В., Волхонский А.О., Лаптев А.И., Керамико-металлические (TiN-Cu) наноструктурные ионно-плазменные вакуумно-дуговые покрытия для режущего твердосплавного инструмента // Известия вузов.

Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2013. - №2. - С. 54- 59.

[13] Suleev D.Kh., Burshukova G.A., Berkinbaeva A.S., Nurgaliev A.K., Ibraeva G.M. Development of damping metallic materials. P.96-101. ISSN0026-0827 №11 (2014)

[14] Беркинбаева А.С., Нургалиев А.К. «Термоөңдеу мен нанокұрылымды жабындылардың төменлегіріленген болаттардың дыбыстықсәуленуіне ықпалы» ҚазҰТУ Хабаршысы. - №3 (109) – 2015ж. б-303-308.

[15] Беркинбаева А.С., Утепов, Е.Б., Нургалиев А.К., Абуова Р.Ж., Бимаганбетов С.Н. «Акустические свойства металлов» XVII Международная научно-техническая конференция «Безопасность техносферы». Труды конференции. Москва, 2015– с. 51-55. Том 1

Беркинбаева А.С, Сулеев Д.К., Буршукова Г.А., Малгаждарова М.К

Төменгі көміртектегі болаттардың нанокұрылымды жамылғымен дыбыстықсәуленуге термиялық өңдеудің әсері

Түйіндемесі. Мақалада белгілі болаттардың және жаңадан құйылған болаттардың нанокұрылымды жамылғы жақанға дейінгі және кейінгі химиялық құрамының әсерін, физика - механикалық, акустикалық және демпфирлік қасиеттері анықтау және машина жасау кәсіпорындарының жұмыс жайлылығын жоғарғы диссипативті қасиеттерін қамтамасыз ету жолдарын жасау.

Кілттік сөздер: дыбыстықсәуле, демпфирлеу, хром-кремнийлі болат, нанокұрылым, қорытпа, болат.

Беркинбаева А.С, Сулеев Д.К., Буршукова Г.А., Малгаждарова М.К

Влияние термической обработки на звукоизлучение низкоуглеродистых сталей с наноструктурным покрытием

Резюме. В статье описывается влияние наноструктурных покрытий известных сталей и новой сварной стали, их физико-механических, акустических и демпфирующих свойств, а также способы обеспечения высоких диссипативных свойств машиностроительных предприятий.

Ключевые слова: звукоизлучение, демпфирование, хромокремнистые стали, наноструктура, сплав, сталь.

УДК 681.5.9.7558

М.А.Бейсенби, А.Б.Сагымбай, Ш.И.Имангалиев

(Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Астана, Республика Казахстан

e-mail: beisenbi@mail.ru,

sagymbai_ab@enu.kz, sh_imangaliev@mail.ru)

СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В КЛАССЕ ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СТРУКТУРНО-УСТОЙЧИВЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ

Аннотация. Предлагается метод синтеза систем управления для объектов с режимами неустойчивости, с одним входом и с одним выходом в классе двухпараметрических структурно-устойчивых отображений по вектору состояния, градиентно-скоростным методом вектор-функций Ляпунова. Показано, что увеличение потенциала робастной устойчивости является ключевым фактором, гарантирующих системе защиту от режима неустойчивости.

Определение параметров регулятора с повышенным потенциалом робастной устойчивости производится по желаемой характеристике замкнутой системы управления.

Ключевые слова: синтез, система управления, градиентно-скоростной, вектор-функций Ляпунова, режим детерминированного хаоса, странный аттрактор, структурно-устойчивые отображения.

Современная четвертая индустриальная революция предполагает повсеместное создание и использование систем автоматического управления (САУ). САУ применяются практически во всех сферах производства и техники: в машиностроении, энергетике, электронной, химической, биологической, металлургической и текстильной промышленности, транспорте, робототехнике, авиации, космических системах, высокоточной военной технике и технологии и т.д.

Для современных задач управления характерны всевозрастающая сложность систем управления, требования устойчивости и высокого качества в условиях многомерности, неопределенности и нелинейности реальных систем. Реальные объекты управления являются нелинейными и одним из основных свойств нелинейных динамических систем является режим детерминированного хаоса с порождением «странного аттрактора» [1,2,3].

При исследовании многие объекты линеаризуются и в линейных системах могут возникнуть режимы неустойчивости.

Хаотические и неустойчивые режимы в САУ могут выступать в основном как не желательные вредные или аварийные режимы [2,3,4]. Поэтому проблема об условиях подавления или исключения из сценариев развития процесса хаотических или неустойчивых режимов путем синтеза законов управления является актуальной, но нерешенной проблемой [2,1].

Также реальные системы разрабатываются и функционируют в условиях существенной неопределенности, синтез САУ в классе структурно-устойчивых отображений [5,6] из теории катастроф [7,8] является одним из ключевых факторов, гарантирующих системе защиту от режима детерминированного хаоса и неустойчивости.

Известные [3,9,10] методы модального управления по вектору состояния основанные на вычислении корней характеристического многочлена линейной системы с модальным регулятором является непригодным для решения задачи синтеза нелинейных САУ и универсальные методы синтеза не существует. Задачи анализа устойчивости системы, состоящей из линейной части и нелинейности, удовлетворяющей линейным и нелинейным ограничениям рассмотрены [3,11], также задача параметрического синтеза робастно устойчивых систем управления этими классами систем рассчитывается в [12,13].

В настоящей работе предлагается новый подход к синтезу нелинейной системы, с линейным объектом и нелинейными законами управления в классе двухпараметрических структурно-устойчивых отображений [7,8] на основе градиентно-скоростного метода вектор-функций Ляпунова [6,14,15,16,17]. Исследование замкнутых САУ с повышенным потенциалом робастной устойчивости и решение задачи синтеза по вектору состояния объекта основываются на прямом методе А.М.Ляпунова [18,19,20]. Предложенный градиентно-скоростной метод вектор функций Ляпунова для синтеза САУ в классе двухпараметрических структурно-устойчивых отображений позволяет исключить сложных и неоднозначных вычислений и преобразований и позволяет определить область выбора параметров управления регулятора, обеспечивающего заданные (желаемые) переходные характеристики замкнутой системы.

1. Пусть предположим, что вектор состояния объекта измеряется полностью и система управления является с одним входом и с одним выходом.

Динамика стационарной системы управления описывается уравнением[5,6]

$$\dot{x} = Ax + Bu, \quad x \in R^n, \quad (1)$$

Вектор состояния $x(t)$ системы (1) считаем доступным измерению. Рассмотрим закон управления в форме двухпараметрических структурно-устойчивых отображений [7,8]

$$u_i = -x_i^4 - k_i^1 x_i^2 + k_i^2 x_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (2)$$

где

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \\ -a_n & -a_{n-1} & -a_{n-2} & \dots & -a_1 \end{bmatrix}, \quad B = \|b_n b_{n-1} \dots b_1\|,$$

k_i^1 и k_i^2 ($i = 1, \dots, n$) - коэффициенты регулятора, подлежащие к определению.

Систему (1) с учетом (2) можем представить в развернутом виде:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = x_3 \\ \dots \\ \frac{dx_{n-1}}{dt} = x_n \\ \frac{dx_n}{dt} = -x_1^4 - k_1^1 x_1^2 + (b_n k_1^2 - a_n)x_1 - x_2^4 - k_2^1 x_2^2 + \\ + (b_{n-1} k_2^2 - a_{n-1})x_2 - \dots - x_n^4 - k_n^1 x_n^2 + (b_1 k_n^2 - a_1)x_n \end{cases} \quad (3)$$

Система (3) имеет стационарные состояния[5,6]:

$$x_{1S} = x_{2S} = \dots = x_{nS} = 0, \quad (4)$$

и другие стационарные состояния:

$$x_{iS}^2 = \sqrt[3]{\frac{b_{n-i+1} k_i^2 - a_{n-i+1}}{2}}, \quad i = 1, \dots, n \quad (5)$$

$$x_{is}^{3,4} = -\sqrt[3]{\frac{b_{n-i+1}k_i^2 - a_{n-i+1}}{2}}, \quad i = 1, \dots, n \quad (6)$$

$$k_i^1 = 3 \left(\frac{b_{n-i+1}k_i^2 - a_{n-i+1}}{2} \right)^{2/3}, \quad i = 1, \dots, n.$$

Робастная устойчивость установившихся состояний (4) системы (3) исследуется градиентно-скоростным методом вектор-функций А.М.Ляпунова [6,14,15,16]. Из (3) определяем компоненты вектора градиента от вектор-функции Ляпунова $V(x) = (V_1(x), \dots, V_n(x))$:

$$\begin{cases} \frac{\partial V_1(x)}{\partial x_2} = -x_2, \\ \frac{\partial V_2(x)}{\partial x_3} = -x_3, \\ \dots \dots \dots \\ \frac{\partial V_{n-1}(x)}{\partial x_n} = -x_n, \\ \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_1} = x_1^4 + k_1^1 x_1^2 - (b_n k_1^2 - a_n) x_1, \\ \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_2} = x_2^4 + k_2^1 x_2^2 - (b_{n-1} k_2^2 - a_{n-1}) x_2, \\ \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_3} = x_3^4 + k_3^1 x_3^2 - (b_{n-2} k_3^2 - a_{n-2}) x_3, \\ \dots, \\ \frac{\partial V_n(x)}{\partial x_n} = x_n^4 + k_n^1 x_n^2 - (b_1 k_n^2 - a_1) x_n. \end{cases} \quad (7)$$

Из (3) определяем разложения вектора скорости по координатам системы:

$$\begin{cases} \left(\frac{dx_1}{dt} \right)_{x_2} = x_2, \\ \left(\frac{dx_2}{dt} \right)_{x_3} = x_3, \\ \dots \dots \dots \\ \left(\frac{dx_{n-1}}{dt} \right)_{x_n} = x_n; \\ \left(\frac{dx_n}{dt} \right)_{x_1} = -(x_1^4 + k_1^1 x_1^2 - (b_n k_1^2 - a_n) x_1), \\ \left(\frac{dx_n}{dt} \right)_{x_2} = -(x_2^4 + k_2^1 x_2^2 - (b_{n-1} k_2^2 - a_{n-1}) x_2), \\ \left(\frac{dx_n}{dt} \right)_{x_3} = -(x_3^4 + k_3^1 x_3^2 - (b_{n-2} k_3^2 - a_{n-2}) x_3), \\ \dots \dots \dots \\ \left(\frac{dx_n}{dt} \right)_{x_n} = -(x_n^4 + k_n^1 x_n^2 - (b_1 k_n^2 - a_1) x_n). \end{cases} \quad (8)$$

Полная производная по времени от вектор-функции Ляпунова $V(x)$, с учетом уравнений состояния (3) определяется как скалярное произведение градиента (7) на вектор скорости (8):

$$\frac{dV(x)}{dt} = -x_2^2 - x_3^2 - \dots - x_n^2 - (x_1^4 + k_1^1 x_1^2 - (b_n k_1^2 - a_n) x_1)^2 - (x_2^4 + k_2^1 x_2^2 - (b_{n-1} k_2^2 - a_{n-1}) x_2)^2 - \dots - (x_n^4 + k_n^1 x_n^2 - (b_1 k_n^2 - a_1) x_n)^2 \quad (9)$$

Отсюда из (9) следует, что полная производная от вектор-функции Ляпунова всегда будет знакоотрицательной функцией, т.е. достаточное условие асимптотической устойчивости выполняется.

Из (7) можем получить вектор-функции Ляпунова в скалярной форме:

$$V(x) = \frac{1}{5} x_1^5 + \frac{1}{3} k_1^1 x_1^3 - \frac{1}{2} (b_n k_1^2 - a_n) x_1^2 + \frac{1}{5} x_2^5 + \frac{1}{3} k_2^1 x_2^3 - \frac{1}{2} (b_{n-1} k_2^2 - a_{n-1} + 1) x_2^2 + \frac{1}{5} x_3^5 + \frac{1}{3} k_3^1 x_3^3 - \frac{1}{2} (b_{n-2} k_3^2 - a_{n-2} + 1) x_3^2 + \dots + \frac{1}{5} x_n^5 + \frac{1}{3} k_n^1 x_n^3 - \frac{1}{2} (b_1 k_n^2 - a_1 + 1) x_n^2, \quad (10)$$

Условия положительной определенности из (10) не очевидно, поэтому воспользуемся леммой Морса [7,8]. Рассматриваемая система (3) в установившемся состоянии (4) удовлетворяет всем условиям леммы и локально может быть представлена квадратичной формой:

$$V(x) \approx -\frac{1}{2} (b_n k_1^2 - a_n) x_1^2 - \frac{1}{2} (b_{n-1} k_2^2 - a_{n-1} + 1) x_2^2 - \frac{1}{2} (b_{n-2} k_3^2 - a_{n-2} + 1) x_3^2 - \dots - \frac{1}{2} (b_1 k_n^2 - a_1 + 1) x_n^2, \quad (11)$$

Условия существования вектор-функции Ляпунова, т.е. положительная определенность квадратичной формы (11):

$$\begin{cases} b_n k_1^2 - a_n < 0 \\ b_{n-1} k_2^2 - a_{n-1} + 1 < 0 \\ b_{n-2} k_3^2 - a_{n-2} + 1 < 0 \\ \dots \dots \dots \\ b_1 k_n^2 - a_1 + 1 < 0 \end{cases} \quad (12)$$

Исследуем устойчивость стационарных состояний (5) и (6) градиентно-скоростным методом вектор-функций Ляпунова [6]. Уравнения состояния (3) представим в отклонениях относительно стационарного состояния (5) в виде:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = x_3 \\ \dots \dots \dots \\ \frac{dx_{n-1}}{dt} = x_n \\ \frac{dx_n}{dt} = -b_n x_1^4 + b_n \sqrt{\frac{b_n k_1^2 - a_n}{2}} x_1^3 - 3b_n \sqrt{\left(\frac{b_n k_1^2 - a_n}{2}\right)^2} x_1^2 - \\ - (b_n k_1^2 - a_n) x_1 - b_{n-1} x_2^4 + b_{n-1} \sqrt{\frac{b_{n-1} k_2^2 - a_{n-1}}{2}} x_2^3 - \\ - 3b_{n-1} \sqrt{\left(\frac{b_{n-1} k_2^2 - a_{n-1}}{2}\right)^2} x_2^2 - (b_{n-1} k_2^2 - a_{n-1}) x_2 - \dots - b_1 x_n^4 + \\ + b_1 \sqrt{\frac{b_1 k_n^2 - a_1}{2}} x_n^3 - 3b_1 \sqrt{\left(\frac{b_1 k_n^2 - a_1}{2}\right)^2} x_n^2 - (b_1 k_n^2 - a_1) x_n \end{cases} \quad (13)$$

Условие устойчивости стационарного состояния (5) имеет по градиентно-скоростному методу вектор-функций Ляпунова [6], аналогично имеет вид:

$$\begin{cases} b_n k_1^2 - a_n > 0 \\ b_{n-1} k_2^2 - a_{n-1} + 1 > 0 \\ b_{n-2} k_3^2 - a_{n-2} + 1 > 0 \\ \dots \dots \dots \\ b_1 k_n^2 - a_1 + 1 > 0. \end{cases} \quad (14)$$

Здесь видно, что система (3) является робастно устойчивой в широких пределах изменения неопределенных параметров a_i , $i = 1, \dots, n$.

Оказывается состояние (4) асимптотически устойчивым при выполнении условий (12) и неустойчивым при нарушении этих условий, а состояния (5) и (6) будут также асимптотически устойчивыми. При $b_n k_1^2 - a_n = 0$ и $b_{n-i} k_{i+1}^2 - a_{n-i} + 1 = 0$, $i = 1, \dots, n-1$ происходит бифуркация и появляются новые устойчивые ветви, т.е. система (3) будет устойчивой при любых изменениях параметров системы управления.

2. Пусть имеем некоторую систему с желаемыми переходными процессами с заданными значениями коэффициентов d_i^2 , $i = 1, \dots, n$;

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = x_3 \\ \dots \dots \dots \\ \frac{dx_{n-1}}{dt} = x_n \\ \frac{dx_n}{dt} = -b_n x_1^4 - b_n d_1^1 x_1^2 + b_n d_1^2 x_1 - \\ - b_{n-1} x_2^4 - b_{n-1} d_2^1 x_2^2 + b_{n-1} d_2^2 x_2 - \dots - \\ - b_1 x_n^4 - b_1 d_n^1 x_n^2 + b_1 d_n^2 x_n. \end{cases} \quad (9)$$

Стационарными состояниями системы (15) являются:

$$x_{1S} = x_{2S} = \dots = x_{nS} = 0, \quad (16)$$

и

$$x_{iS}^2 = \sqrt[3]{\frac{d_i^2}{2}}, \quad i = 1, \dots, n \quad (17)$$

$$x_{is}^{3,4} = -\sqrt[3]{\frac{d_i^2}{2}}, \quad i = 1, \dots, n \quad (18)$$

$$d_i^1 = 3 \left(\frac{d_i^2}{2} \right)^{2/3}, \quad i = 1, \dots, n.$$

Ставится задача определения коэффициентов регулятора таких, что коэффициенты замкнутой системы имели заданные значения d_i^1 и d_i^2 .

Условия устойчивости системы (15) с заданными значениями коэффициентов d_i^1 и d_i^2 , $i=1, \dots, n$ по градиентно-скоростному методу вектор функций Ляпунова [6] для состояния (16) получим в виде

$$\begin{cases} -d_1^2 < 0 \\ -d_2^2 - 1 < 0 \\ -d_3^2 - 1 < 0 \\ \dots \dots \dots \\ -d_n^2 - 1 < 0 \end{cases} \quad (19)$$

Уравнения состояния системы (15) в отклонениях относительно стационарного состояния (17) записывается в виде:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = x_2 \\ \frac{dx_2}{dt} = x_3 \\ \dots \dots \dots \\ \frac{dx_{n-1}}{dt} = x_n \\ \frac{dx_n}{dt} = -b_n x_1^4 + b_n \sqrt[3]{\frac{d_1^2}{2}} x_1^3 - 3b_n \sqrt[3]{\left(\frac{d_1^2}{2}\right)^2} x_1^2 - \\ -b_n d_1^2 x_1 - b_{n-1} x_2^4 + b_{n-1} \sqrt[3]{\frac{d_2^2}{2}} x_2^3 - \\ -3b_{n-1} \sqrt[3]{\left(\frac{d_2^2}{2}\right)^2} x_2^2 - b_{n-1} d_2^2 x_2 - \dots - b_1 x_n^4 + \\ + b_1 \sqrt[3]{\frac{d_n^2}{2}} x_n^3 - 3b_1 \sqrt[3]{\left(\frac{d_n^2}{2}\right)^2} x_n^2 - b_1 d_n^2 x_n \end{cases} \quad (20)$$

Исследуем устойчивость системы (20) градиентно-скоростным методом вектор функции Ляпунова и аналогично получим условия устойчивости в виде:

$$\begin{cases} d_1^2 > 0 \\ d_2^2 - 1 > 0 \\ d_3^2 - 1 > 0 \\ \dots \dots \dots \\ d_n^2 - 1 > 0. \end{cases} \quad (21)$$

Сравнивая левые части неравенств (12) и (19) или (14) и (21) получим

$$\begin{cases} k_1^2 = \frac{1}{b_n} (d_n^2 - a_n) \\ k_2^2 = \frac{1}{b_{n-1}} (d_{n-1}^2 - a_{n-1}) \\ k_3^2 = \frac{1}{b_{n-2}} (d_{n-2}^2 - a_{n-2}) \\ \dots \dots \dots \\ k_n^2 = \frac{1}{b_1} (d_1^2 - a_1). \end{cases} \quad (22)$$

Реальные САУ разрабатываются и функционируют в условиях неопределенности и объекты управления являются нелинейными и многомерными. Основным свойством нелинейных динамических систем является функционирование в режиме детерминированного хаоса с порождением «странного аттрактора», которые в линеаризованных системах проявляются в форме неустойчивости. Неустойчивые режимы порождают аварии. Проблема исключения из сценария развития процесса неустойчивости предлагается решить путем синтеза САУ в классе двухпараметрических структурно-устойчивых отображений, градиентно-скоростным методом вектор-функций Ляпунова. Градиентно-скоростной метод вектор функции Ляпунова при синтезе САУ в классе двухпараметрических структурно-устойчивых отображений позволило без сложных и неоднозначных вычислений и канонических преобразований определить область выбора коэффициентов закона управления, исходя из желаемой переходной характеристики САУ.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Основы теории сложных систем – М. Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007 – 620 с.
- [2] Нелинейная динамика и управление/ Под ред. С.В.Емельянова, С.К.Емельянова, С.К. Коровина. – М.: Физмат-лит., 2001 – Т.1.
- [3] Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Избранные главы теории автоматического управления. Гл. 13, Управление нелинейными колебательными и хаотическими системами. Спб.: Наука, 1999
- [4] Андриевский Б.Р., Фрадков А.Л. Управление хаосом. Методы и приложения. Часть 1. Методы// АиТ, 2003
- [5] Бейсенби М.А. Методы повышения потенциала робастной устойчивости систем управления – Астана, 2011 – 292 с.
- [6] Бейсенби М.А. Исследование робастной устойчивости систем автоматического управления методом функций А.М.Ляпунова – Астана, 2015 – 204 с.
- [7] Гилмор Р. Прикладная теория катастроф. В 2-х томах. Т.1. – М.: Мир, 1984
- [8] Постон Т., Стюарт И. Теория катастроф и ее приложение. – М.: Наука, 2001, №6
- [9] Квасернак Х., Сиван Р. Линейные оптимальные системы управления. М.: Мир, 1986 – 650 с.
- [10] Кухаренко Н.В. Синтез модальных регуляторов при неполной управляемости объектов// Известия Академии наук. РАН. Техническая кибернетика, 1992, №3
- [11] Справочник по теории автоматического управления/ Под ред. А.А.Красовского. М.: Физматлит, 1987, 712 с.
- [12] Кунцевич В.М. Управление в условиях неопределенности: гарантированные результаты в задачах управления и идентификации. Киев: Наукова думка, 2006, 260 с.
- [13] Кунцевич В.М. Анализ устойчивости и синтез устойчивых систем управления одним классом нелинейных нестационарных систем. Труды института математики и механики. УрО РАН. Том 12, №2, 2006, 98-107 с.
- [14] Beisenbi M., Uskenbayeva G., Satybaldina D., Martsenyuk V., Shaikhanova F. Robust stability of spacecraft traffic control system using Lyapunov functions. 16th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS), IEEE, 2016, pp. 743-748
- [15] Beisenbi M., Shukirova A., Uskenbayeva G., Yermekbayeva J. Robust stability of spacecraft traffic control system using Lyapunov functions. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. V(88), №2, 2016. P.252-260
- [16] Beisenbi M., Uskenbayeva G. The new approach of design robust stability for Linear control system/ Proc. of the International Conference on advances in Electronics and electrical technology – AEET 2014, p. 11-18. 2014
- [17] Beisenbi M., Uskenbayeva G., Kaliyeva S. Construction and investigation aircraft control system in a class of one-parametric structurally stable mappings using Lyapunov functions. Proceedings of the 4th International Conference on electronic, communication and networks. Taylor and francis group. CRC press, 2015. P. 683-689.
- [18] Малкин И.Г. Теория устойчивости движения. М.: Наука, 1966 – 534 с.
- [19] Воронов А.А., Матросов В.М. Метод векторных функций Ляпунова в теории устойчивости – М.: Наука, 1987 – 252 с.
- [20] Воронов А.А. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость. М.: Наука, 1979 – 336 с.

Бейсенби М.А., Сағымбай А.Б., Иманғалиев Ш.И.

Екі параметрлі құрылымдық орнықты бейнелер класында басқару жүйелерін синтездеу

Түйіндеме. Орнықсыз режимдері бар бір кіріс және бір шығысты объектілер үшін басқару жүйесін екі параметрлі құрылымдық орнықты бейнелер класында күй векторы бойынша Ляпуновтың вектор-функцияларының градиент-жылдамдық әдісі негізінде синтездеу әдісі ұсынылады. Мақалада робастты орнықтылық потенциалын жоғарылату жүйені орнықсыздық режимінен қорғауға кепіл бола алатыны көрсетілген. Робастты орнықтылық потенциалы жоғарытылған реттеуіштің параметрлері тұтықталған басқару жүйесінің қажетті сипаттамасы негізінде анықталған.

Кілт сөздер: синтездеу, басқару жүйесі, градиентті-жылдамдық, Ляпуновтың вектор-функциясы, анықталған хаос режимі, ерекше аттрактор, құрылымдық орнықты бейнелер.

Beisenbi M.A., Sagymbay A.B., Imangaliyev Sh.I.

Synthesis of the control system in the class of two-parameter structurally stable mappings

Abstract. Proposed method is for the synthesis of control systems for SISO objects with instability modes by the state vector in the class of two-parameter structurally stable mappings and a gradient-velocity method of Lyapunov vector-valued functions. It is shown that increasing the potential of robust stability is the key factor that guarantees the system the instability regime protection.

Determination of the parameters of the controller with an increased potential of robust stability is performed according to the desired characteristic of a closed control system.

Keywords: synthesis, control system, gradient-velocity, Lyapunov vector-functions, deterministic chaos regime, strange attractor, structurally stable maps.

УДК 622.276.43

A.B. Seiden

(Institute of Geology and oil and gas business, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan
e-mail: assel_seiden@mail.ru)

QUALITY TREATMENT OF WATER TO MAINTAIN RESERVOIR PRESSURE AT UZEN FIELD

Summary. The article deals with the issues of water treatment for flooding oil reservoirs in order to maintain reservoir pressure (FPM). Due to poor control of injection, contamination of the reservoirs with residues of mechanical impurities present in the water causes the pore, channel and cracks to be damaged. High performance method for deep cleaning of formation water is recommended, which facilitates the trapping of solid suspended particles.

Key words: Formation, water, injection, water treatment, oil, injection well.

А.Б. Сейден

(Казахский национальный исследовательский технический
университет имени К.И. Сатпаева, Казахстан, г. Алматы, Республика Казахстан, assel_seiden@mail.ru)

КАЧЕСТВЕННАЯ ПОДГОТОВКА ВОДЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ УЗЕНЬ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы подготовки воды для заводнения нефтяных пластов с целью поддержания пластового давления (ППД). По причине некачественного контроля за закачкой является загрязнение пластов остатками механических примесей присутствующих в воде, которые вызывают коагуляцию пор, каналов и трещин. Рекомендован эффективный метод глубокой очистки пластовой воды, способствующий улавливанию твердых взвешенных частиц.

Ключевые слова: пласт, вода, нагнетательная скважина, закачка, водоподготовка, нефть.

Процесс вытеснения нефти водой, закачиваемой в продуктивный пласт, следует относить к наиболее эффективным МУН, так как она обеспечивает поддержание пластового давления, интенсификацию разработки и увеличение КИН. Это достигается за счет приближения зоны повышенного давления (нагнетательных скважин) к зоне отбора (добывающим скважинам). Эффективность процесса во многом зависит от качества закачиваемой воды.

Требования к нефтепромысловым сточным водам как рабочему агенту для заводнения предъявляются по трем основным показателям: содержанию эмульгированной нефти (нефтепродуктов) и частиц твердых механических примесей, микробиологической и химической совместимости ее с пластовой водой и породой коллекторов. Для того чтобы избежать осложнений при закачке воды в пласт, закачиваемая вода должна соответствовать определенным нормам качества согласно СТ РК 1662-2007, которые для мехпримесей и нефтепродуктов составляют не более 50 мг/л.

Приведем пример, нефтегазовое месторождение Узень, которое введено в промышленную разработку в 1965 году, в настоящее время оно находится на поздней стадии эксплуатации. Комплекс сооружений по сбору и подготовке нефти, газа и воды, имеющихся на этом месторождении, включает в себя большой набор сложных объектов основного и вспомогательного назначения.

Отличительной особенностью эксплуатации месторождения является ежегодный рост обводненности добываемой продукции, которая в настоящее время превышает в среднем 88%, что в свою очередь значительно осложняет условия эксплуатации объектов сбора и подготовки нефти, газа и воды.

Применяемая в настоящее время технология предварительного сброса попутнодобываемой воды (УПСВ-1, УПСВ-2) осложнена поступлением с нефтяных промыслов больших объемов жидкости, которая превышает проектную производительность этих объектов.

Из-за повышенной нагрузки по жидкости, поступающей на УПСВ-1 и УПСВ-2, происходит нарушение времени отстоя продукции в технологических аппаратах, что приводит к ухудшению параметров воды, подготавливаемой для ППД, и несоответствию качества воды, подаваемой для закачки в пласты, требованиям нормативной документации РК.

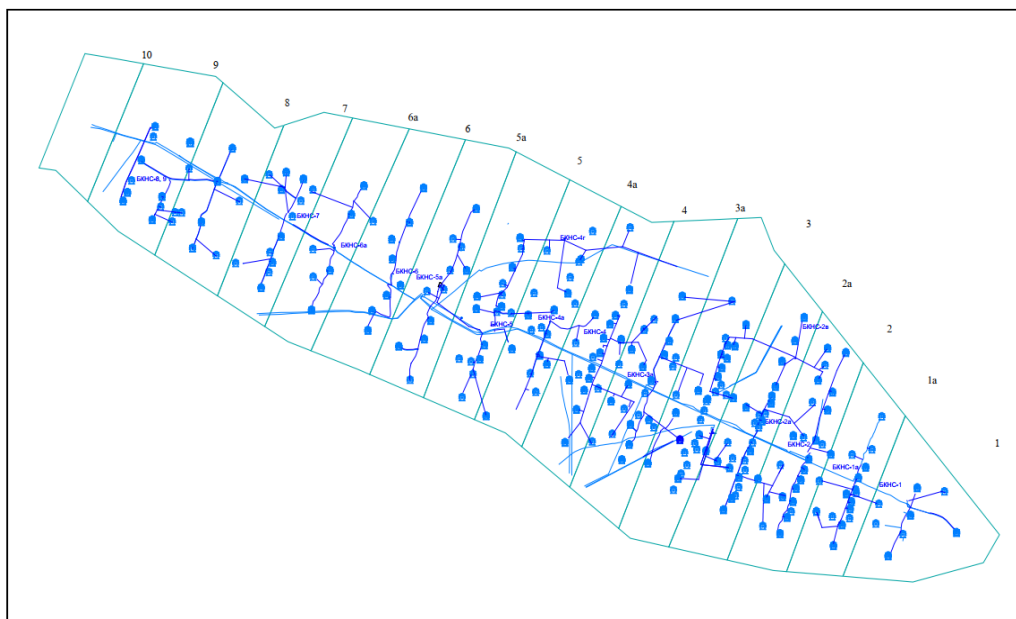


Рис. 1. Система поддержания пластового давления (ППД) на месторождении Узень [1].

Данные факторы негативно влияют на межремонтный период добывающих скважин, по причине преждевременного отказов подземного оборудования из-за засорения глубиннонасосного оборудования различными механическими примесями, вследствие повышенной коррозионной активности добываемой продукции, повышенной минерализации попутно добываемой и интенсивного образования разных видов солеотложений[4]. Твердые частицы в закачиваемой воде непосредственно влияют на давление закачки и степень ухудшения коллекторских свойств малопроницаемого песчаника[2,3].

Контроль за составом закачиваемой воды и анализ нефтепродуктов и механических примесей в закачиваемой воде проводится ежедневно. Результаты контроля качества закачиваемой воды на этом месторождении приведены на рисунке 2.

Содержание механических примесей в закачиваемой пластовой воде на месторождения Узень по данным научно-исследовательских институтов.

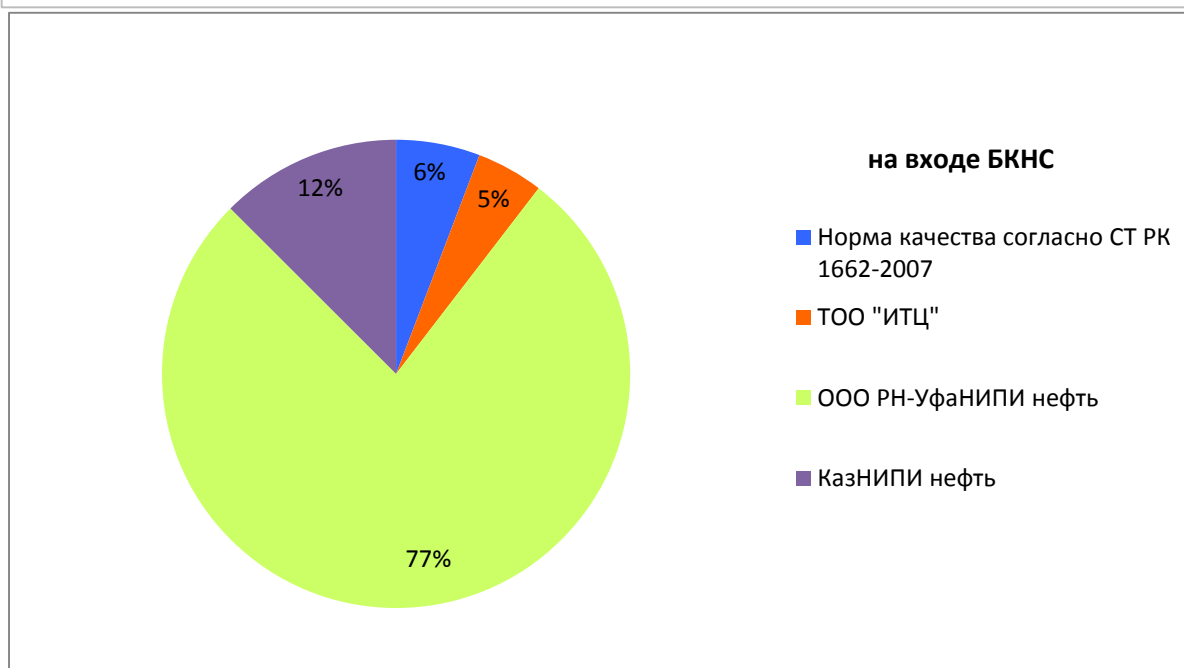


Рис. 2. Результаты контроля мехпримесей и нефтепродуктов (среднемесячные показатели) в закачиваемой воде месторождения Узень.

По полученным независимыми институтами данным видно, что содержание мехпримесей в закачиваемой воде на входе БКНС установлены концентрации, превышающие нормативные показатели. Следовательно, процесс водоподготовки требует усовершенствования в части удаления механических примесей.

Основные методы очистки нефтепромысловых сточных вод в отрасли — механические и физико-химические [5]. Самый распространенный — это метод отстаивания как наиболее простой и дешевый, во многих случаях обеспечивающий необходимые требования к качеству воды. На большинстве объектов применяют только этот метод, а на некоторых — в сочетании фильтрацией и физико-химическими методами. Метод отстаивания хотя и прост, но имеет недостатки: большая зависимость качества очистки от характеристик загрязняющих включений (дисперсности, стабильности и др.), длительность процесса и т. д. Поэтому в последние годы для повышения производительности оборудования и глубины очистки стоков были разработаны такие средства, как отстойники тонкослойного отстаивания, с коалесцирующим фильтром, фильтры, трехпродуктовые гидроциклоны и др.

Следует отметить, проведенные изучения в Пермском национальном исследовательском политехническом университете Гребнев В. Д. и др. [6], для совершенствования и повышения надежности эксплуатации систем ППД, снижения затрат с учетом требований к качеству воды разработали систему промысловой подготовки воды. Основными отличиями предлагаемой системы от ранее разработанных являются создание разряжения во всасывающем коллекторе и обеспечение движения воды на приеме центробежного насоса путем установки струйного насоса. Однако данная система сдерживается отсутствием четко аргументированных теоретических представлений решения проблем глубокой очистки пластовой воды от взвешенных твердых частиц.

Большинство исследований показывают, что качество воды является очень важным параметром для пластовых процессов. Садриев И. И., Муслимов А. Ш. рекомендуют внедрение каскадной технологии очистки пластовых вод для поддержания пластового давления на Южно-Ромашкинской площади Ромашкинского месторождения [7]. При всем том, рекомендуемая технология обусловлена дорогой ценой, необходимостью дополнительных установок по подготовке воды, а в случае их наличия в отдаленности — еще и необходимость строительства дополнительных низконапорных водоводов.

Исангулов А. К. и др. [8, 9] обобщили опыт внедрения фильтров для тонкой очистки в воды системы поддержания пластового давления Южно-Хыльчюуского месторождения. Недостаток данного технического решения в том, что дополнительно принятые искусственные сетчатые, тканые и мембранные фильтры недолговечны. Также есть необходимость определенного давления для продавливания воды через мембрану и задержка полезных микроэлементов.

В Казанском государственном архитектурно-строительном университете (КГАСУ) разработаны и внедрены гидроциклонные установки для подготовки воды, используемой для заводнения продуктивных горизонтов. Для снижения концентрации в нефтепромысловых сточных водах нефтепродуктов и механических примесей до 10 мг/л их после обработки в установках типа «блок гидроциклон – отстойник» или «блок гидроциклон – цилиндрические камеры – отстойник» целесообразно направлять на доочистку в фильтровальные установки, состоящие из скорых или сверхскоростных фильтров. Блочные гидроциклонные установки имеют высокую удельную производительность, компактность, полностью автоматизированы, представляют собой блоки полного заводского изготовления; дают возможность для создания эффективной технологии очистки нефтепромысловых сточных вод при наименьших материальных и энергетических затратах. Недостатком данной технологии является невысокая степень разделения, сложность удаления всплывающих веществ [10].

В своей статье [11] Голубев И. А. изложил существующую проблему подготовки сточных вод, закачивающихся в систему поддержания пластового давления. Следствием некачественного надзора за закачкой является загрязнение пластов и низкий коэффициент нефтеотдачи. Засорение пласта обуславливается наличием в воде мелкодисперсных частиц, остатков нефтепродуктов и механических примесей, которые в свою очередь вызывают коагуляцию пор, каналов и трещин. Кроме этого, постоянное увеличение обводненности добываемой продукции привело к тому, что существующие установки подготовки воды не могут справиться с такими большими объемами продукции и не доводят воду до необходимого качества. Для решения этих проблем предлагается использовать установки кустового сброса, позволяющие утилизировать основную массу пластовой воды непосредственно на месторождении, предварительно доведя ее до соответствующих норм. Рассмотрены несколько вариантов аппаратного оформления объектов кустового сброса. Показаны технологические схемы обвязки предлагаемого оборудования при внедрении его в производство. Рассмотрены предполагаемые резуль-

таты, которые планируется получить после внедрения объектов кустового сброса в разработку нефтяных месторождений на ранних этапах нефтесбора. Тем не менее, применение аппаратов кустового сброса имеет ряд недостатков, чем предлагаемое устройство глубокой очистки пластовой воды. Недостаточная эффективность, обусловленная тем, что слабо контролируется качество подаваемой в нагнетательную скважину воды, а ее количество постоянно.

Проблемы водоподготовки в нефтедобыче рассматриваются в работах [12]. Предлагается разработка новой технологии магнитогидродинамической обработки воды и эмульсии, которая при незначительных затратах позволяет существенно снизить количество реагентов для расслаивания эмульсий, снижения солевых и асфальтосмолистых отложений, коррозии. Кроме того, разработан эффективный способ непрерывного удаления ферро- и парамагнитных механических примесей из потока промысловой жидкости. Комплексный подход к системе сбора и промысловой подготовки продукции скважин, систем еподдержания пластового давления (ППД) позволит: значительно сократить количество ремонтов скважинного и наземного оборудования по причинам возникновения отложений и стойких эмульсий; увеличить скорость расслоения водонефтяных эмульсий и сократить количество используемого реагента; удалить из нагнетаемого потока воды системы ППД механические железосодержащие примеси и тем самым предотвратить закупорку фильтратов нефтеносных горизонтов; повысить pH закачиваемой воды, что позволит уменьшить вынос из пласта растворенных карбонатных и сульфатных солей и одновременно повысить дебит добывающих скважин по нефти. Полезное действие магнитогидродинамической обработки зависит главным образом от напряженности и градиента напряженности магнитного поля, скорости течения и состава жидкой фазы водной системы. Между тем аппараты в первый период эксплуатации работают хорошо, но со временем эффект исчезает. Эффект при использовании данных устройств невоспроизводим, результат от их применения то наблюдается, то исчезает. Поэтому многие авторитетные учёные считают данные методы экспериментальными и требующими дополнительных научных исследований.

При любой системе водоподготовки в воде всегда остается некоторое количество взвеси твердых частиц, которое постепенно загрязняет фильтрующую поверхности призабойной зоны пласта[13]. Интенсивность затухания фильтрации зависит от характера взвеси и размера поровых каналов заводняемого пласта. Проницаемость пласта в призабойной зоне за счет сильного загрязнения фильтрационной поверхности уменьшается в десятки раз, и промышленная закачка воды становится невозможной[14,15]. Поэтому нельзя допускать систематического прогрессирующего загрязнения фильтрующих поверхностей нагнетательных скважин.

Несмотря на важность вопроса и достаточно большое число публикаций, посвященных исследованиям глубокой очистка пластовой воды от взвешенных твердых частиц и равномерной закачки ее в нефтяной пласт вышеуказанная проблема остается актуальной на сегодняшний момент.

В условиях лаборатории при КазНИТУ им. К.И. Сатпаева нами были проведены анализы пластовой сточной воды, закачиваемой в пласт месторождения «Узень». Количество взвешенных частиц в пластовой воде были определены согласно СТ РК 1662-2007. В результате анализа были получено, что масса мехпримесей составила $U_z=3,2$ г/л., т.е она на много превышает нормативные данные. После

проведенной очистки результаты показали $U_z=1,75$ г/л.

Общая минерализация пластовой воды была определена путем упаривания точного известного объема жидкости до постоянной массы, в последующем взвешиванием на аналитических весах. В результате анализа минерализация пластовой воды U_z составила 49 г на литр, а после ее очистки U_z-4 составила 35,6 г на литр.

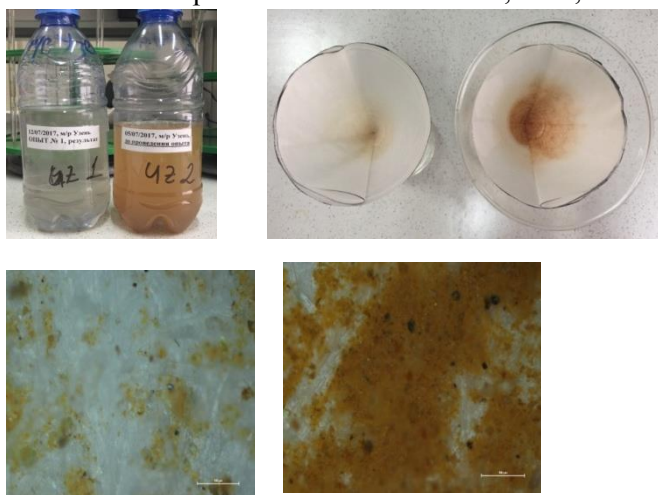
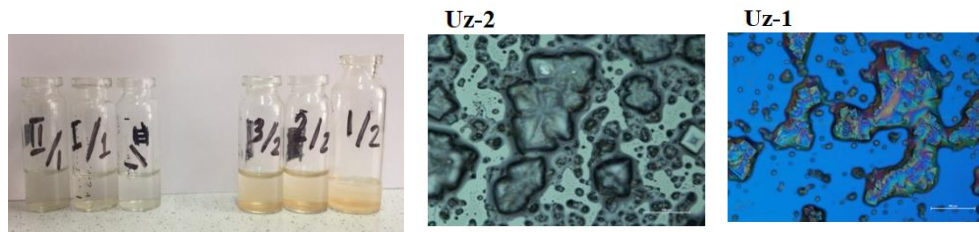


Рис. 3. Общий вид фильтра и увеличенный вид твердых взвешенных частиц



Также на приборе Zetasizer был сделан нано замер радиуса механических примесей в пластовой воды до (Uz-2) и после очистки (Uz-1) на месторождении Узень АО «Озенмунайгаз». Результаты измерения Uz-2 показали (рис.4), что частицы с размерами до 0,235 мкм составляет около 25 %, от 0,235 до 0,270 мкм – 50 % и свыше 0,270 мкм - 25 %. Эти размеры твердых взвешенных частиц соизмеримы с размерами пор и капилляров. После очистки результаты по Uz-1 образуют частицы с размерами до 0,0035 мкм которые составляют около 25 %, от 0,0035 до 0,004 мкм – 50 % и свыше 0,004 мкм - 25 %.

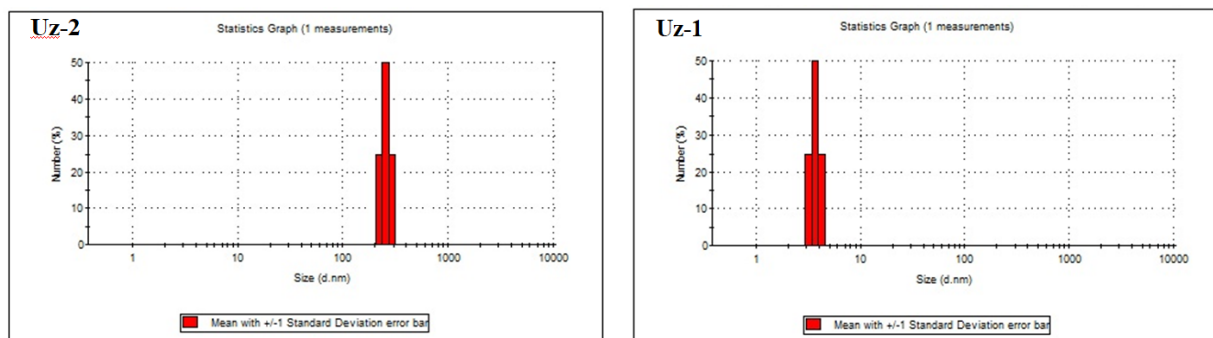


Рис. 4. Интенсивность распределения размеров твердых взвешенных частиц в закачиваемой в пласт воде до и после очистки.

По мере эксплуатации скважин твердые взвешенные частицы, основная масса которых являются глины, накапливаясь в порах и капиллярах породы уплотняются и способствуют образованию непроницаемых зон для закачиваемой воды. При этом вода будет вытеснять нефть только из высокопроницаемых пропластков, занимающих незначительный объем залежи. Затем происходит преждевременная обводненность скважин свыше 80 %.

Нами получен патент на способ глубокой очистки пластовой сточной воды со взвешенными твердыми частицами (рис.5).

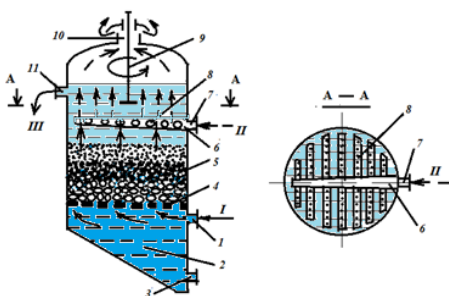


Рис. 5. Технологическая схема глубокой очистки пластовой сточной воды со взвешенными твердыми частицами.

Задачей и техническим результатом изобретения является повышение эффективности очистки промышленных сточных и промысловых пластовых вод со взвешенными твердыми частицами.

Предлагаемая нами технология позволяют существенно повысить эффективность очистки воды от взвешенных твердых частиц, сульфидовосстанавливающих бактерий, предотвратить закупоривание пор взвешенными твердыми частицами и значительно увеличить производительность установки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Б. Муллаев, А. Абитова и др. Месторождение Узень. Проблемы и решения.
- [2]. Wu Jiazhong, Meng Hongli, Xu Jie, Xie Quan et al. Study on the effect of solid particle on water-flooding development in low permeability sandstone reservoir. Journal of Southwest Petroleum University, Science & Technology Edition, 2014, 36 (№ 1), с. 134-138.
- [3]. Xu Pan, Wang Wei-qiang. The improvements of injection process in the late of the oilfield development. Contemporary Chemical Industry 2015. 44, #12, с. 2844-2846.

- [4]. Mohammad A.J. Ali (Kuwait Inst. Scientific Rsch.), Peter K. Currie(Delft University of Technology)& others, Permeability Damage due to Water Injection Containing Oil Droplet and Solid Particles at Residual Oil Saturation. 2007. SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, 11-14 March, Manama, Bahrain. ISBN 978-1-55563-187-1.
- [5]. Н.М. Байков, Г.Н. Позднышев, Р. И. Мансуров, Сбор и промысловая подготовка нефти, газа и воды.
- [6]. Гребнев В. Д.. Совершенствование системы промысловой подготовки воды для поддержания пластового давления. //Реферативный журнал. Горное дело. 2014, № 7, с. 38.
- [7]. Садриев И. И., Муслимов А. Ш. Внедрение каскадной технологии очистки пластовых вод для ППД на Южно-Ромашкинской площади Ромашкинского месторождения. // Реферативный журнал. Горное дело. 2012, №9, с. 37.
- [8]. Исангулов А. К.. Обобщение опыта внедрения фильтров для тонкой очистки воды в системе поддержания пластового давления Южно-Хыльчуйского месторождения. // ВИНТИ Реферативный журнал. Горное дело. 2012, №6, с. 39.
- [9]. Исангулов А.К.. Обобщение опыта проектирования и эксплуатации системы тонкой очистки воды для ППД Южно-Хальчуйского месторождения. //Реферативный журнал. Горное дело. 2011, № 6, 35 с.
- [10]. Бусарев А.В., Селюгин А.С., Шешегова И.Г., Урмитова Н.С. Гидроциклонные установки подготовки воды для заводнения нефтеносных горизонтов с целью повышения их нефтеотдачи. Нефтегаз. дело: электрон. науч. ж., 2015, №4, С. 199–215.
- [11]. Голубев И. А. Пути и решения очистки промысловых вод для системы поддержания пластового давления. Нефтегаз. дело: электрон. науч. ж., 2013, № 3, С. 87–96.
- [12]. Ахияров Р.Ж. Проблемы водоподготовки в нефтедобыче. Трубопроводный транспорт – 2006: сб. науч. трудов. – Уфа: изд-во УГНТУ, 2006. – С. 25.
- [13]. Eylander, J.G.R. 1988. Suspended Solids Specifications for Water Injection From Coreflood Tests. SPE Res Eng 3 (4): 1287-1294. SPE-16256-PA
- [14]. Ali M.A.J., Currie P.K., Salman, M.J. Permeability Damage due to Water Injection Containing Oil Droplet and Solid Particles at Residual Oil Saturation. SPE Middle East Oil and Gas Show and Conference, 11-14 March. Manama, Bahrain, 2007. doi: 10.2118/104608-MS.
- [15]. C. Gao. Factors affecting particle retention in porous media. Emirates Journal for Engineering Research, 12 (3), 1-7 (2007)

Сейден А.Б.

Өзен кен орнында кабаттың қысымын сақтау үшін суды сапалы дайындау.

Түйіндемe. Бұл мақалада кабат қысымын (ҚҚҰ) ұстап тұру үшін мұнайдың су қоймалары үшін суды дайындау мәселесі қарастырылады. Су айдау нашар бақылануына байланысты кабаттардың суда болған механикалық қоспалардың қалдықтарымен ластануы тесіктерді, арна мен сызаттардың бүлінуіне әкеледі. Тұткындалған суды терең тазалаудың тиімді әдісі ұсынылады, бұл қатты бөлшектелген бөлшектерді алуды жеңілдетеді.

Кілт сөздер: Кабат, су, айдау, суды тазарту, май, айдау ұңғымасы

Seiden A.B.

Quality treatment of water to maintain reservoir pressure at Uzen field.

Summary. The article deals with the issues of water treatment for flooding oil reservoirs in order to maintain reservoir pressure (FPM). Due to poor control of injection, contamination of the reservoirs with residues of mechanical impurities present in the water causes the pore, channel and cracks to be damaged. High performance method for deep cleaning of formation water is recommended, which facilitates the trapping of solid suspended particles.

Key words: Formation, water, injection, water treatment, oil, injection well.

УДК 637.12:612.397.23

A. Zh.Khastaeva¹, A.K.Smagulov, M. T¹. Nurgalieva²

¹Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan

²Kazakhstan-Japan Innovation Center, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: gera_or@mail.ru, a_k.smagulov@mail.ru, meruet-79@mail.ru)

MILK FATTY ACID COMPOSITION OF HOLSTEINCOWS DURING SPRING PERIOD LACTATION

Abstract. The article presents materials on the determination milk fatty-acid composition of Holstein cows on JSC “Astana – Onim” in the spring season. The materials researched on gas chromatograph Shimadzu GC-2010 Plus with a flame ionization detector at the Kazakh-Japanese Innovation Center. The paper contains information about study milk lipids of the fatty acid composition of Holstein cows in the spring season. Also, includes data of fatty acids depending on the breed of dairy cattle during the year.

During period September-October 2017 on JSC “Astana – Onim” in the dairy herd of the Holstein breed, according to the principle of analogues, were formed two groups of cows with 10 heads each breed, depending on the age (Group I – 1st calving, Group II – 2nd calving and older) and on monthly lactation. The conditions of keeping, feeding and milking were relatively the same. The content of cows on milk commercial farm without tied; the milking operation of cows was exercised in the milking house of "Carousel" type. The cows were milking twice a day.

According to results, sum of polyunsaturated fatty acids commonly belongs to the cows of the group I - 4.59%, 2.93% - the cows of group II. A favorable ratio of the content of unsaturated fatty acids was obtained in milk fat in cows of the experimental group I. The content of saturated fatty acids, more in milk fat of cows of group II, and oil acid which human body mainly get from milk, is higher in milk fat of cows group II.

Keywords: fatty acid composition, gas chromatography, milk, saturated fatty acids, unsaturated fatty acids, Holstein breed.

¹А.Ж. Хастаева, ¹А.К. Смагулов, ²М.Т. Нурғалиева

(¹Казахский национальный аграрный университет, Алматы, Республика Казахстан.

²Казахстанско-Японский инновационный центр, Алматы, Казахстан)

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МОЛОКА КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ ВЕСЕННЕГО ПЕРИОДА ЛАКТАЦИИ

Аннотация. В статье представлены материалы по определению жирнокислотного состава молока коров голштинской породы АО «Астана-Өнім» Акмолинской области в весенний период. Исследования проводились на газовом хроматографе Shimadzu GC-2010 Plusc пламенно-ионизационным детектором в Казахстанско – Японском инновационном центре. В работе содержатся сведения по исследованию жирнокислотного состава липидов молока коров голштинской породы в весенний период. Получены данные по жирным кислотам в зависимости от породы молочного скота и сезона года.

Для выполнения работы в молочном стаде голштинской породы АО «Астана-Өнім» в период сентябрь – октябрь 2017 года по принципу аналогов было сформировано 2 группы коров по 10 голов в каждой в зависимости от возраста (I группа – 1 отела, II группа – 2 отел и старше), а так же по месяцам лактации. Условия содержания, кормления и доения были сравнительно одинаковыми. Содержание коров на молочной товарной ферме без привязная, доение коров осуществляется в доильном зале типа «Карусель». Доение коров двукратное. Для исследования были взяты пробы в весенний период начиная с 10 марта один раз в декаду в итоге 3 раза в месяц всего за март 9 проб от каждой коровы за 1 месяц, в течение весеннего периода (март, апрель, май) взято от 20 коров – 180 проб.

Так по сумме полиненасыщенных жирных кислот преимущество принадлежит коровам I отела (I группа) – 4,59%, против 2,93% - коров II отела и старше (II группа). Благоприятное соотношение содержания ненасыщенных жирных кислот получено в жире молока у коров I – опытной группы. Содержание насыщенных жирных кислот, больше в молочном жире коров II – группы, и масляной, поступающих в организм в основном лишь с молоком, больше в молочном жире коров этой же группы.

Ключевые слова: жирнокислотный состав, газовая хроматография, молоко, насыщенные жирные кислоты, ненасыщенные жирные кислоты, голштинская порода.

Введение

На продуктовом рынке молоко широко используется как в натуральном виде (цельное молоко), так и для приготовления разнообразных кисломолочных продуктов, сыров и сливочного масла [1].

Одним из основных компонентов является молочный жир в составе молочных продуктов. В медицине известно значение жирных кислот в обменных процессах их влияние на сердечно – сосудистую систему [2].

Жирные кислоты, входящие в состав в молочного жира, подразделяются на насыщенные и ненасыщенные. По данным С.С.Гуляева- Зайцева, содержание насыщенных кислот колеблется от 50,3 до 73,8%, а ненасыщенных – от 25,8 до 49,3%. Из ненасыщенных жирных кислот меньше всего полиненасыщенных, больше – мононенасыщенных. Мононенасыщенные кислоты составляют 35% всех кислот молочного жира[3].

Биологическая ценность жиров определяется наличием в них полиненасыщенных жирных кислот (линолевой, линоленовой и арахидоновой). Эти жирные кислоты не синтезируются в организме человека[2].

Методы исследования.

Пробоподготовку и определение жирнокислотного состава осуществляли в соответствии с ГОСТ 32915-2014 «Молоко и молочная продукция. Определение жирнокислотного состава жировой фазы методом газовой хроматографии».

Для центрифугирования молоко наливаем в две центрифужные пробирки (по 50 см в каждую) и центрифугируем при 10000 об/мин в течение (15 ± 1) мин. Затем снимается верхняя жировая фракция и переливаем в стакан емкостью 250 см³, к ней добавляем 150 см³ гексана для гомогенизации в гомогенизаторе в течение 3-5 мин при частоте вращения ножей от 2000 до 5000 об/мин. Далее отделяем гексановый слой с растворенным в нем жиром и переносим его в круглодонную колбу вместимостью 250 см³, которую подсоединяем к ротационному испарителю и полностью отгоняем растворитель при температуре $(70 \pm 2)^\circ\text{C}$. Полученную жировую фракцию используем для приготовления метиловых эфиров жирных кислот.

Исследование жирнокислотного состава проводили на газовом хроматографе Shimadzu GC-2010 Plus с пламенно-ионизационным детектором и капиллярной колонкой Agilent J&W Columns GP-Sii 88 for FAME размером 100 м × 0,25 мм × 0,2 мкл. Газовое питание детектора осуществляется от регулятора газовых потоков следующими газами: азот, водород и воздух; максимальная температура детектора 260 °C; температурные параметры: 100°C - 5 мин, до 210°C - 8 мин. Со скоростью 4°C/мин, до 240°C - 25 мин со скоростью 10°C/мин; объем вводимой пробы – 1 мкл. Поток деления проб 1/40.

Результаты исследования. Данные исследования жирнокислотного состава жира молока коров отражены на рисунке 1 и 2.

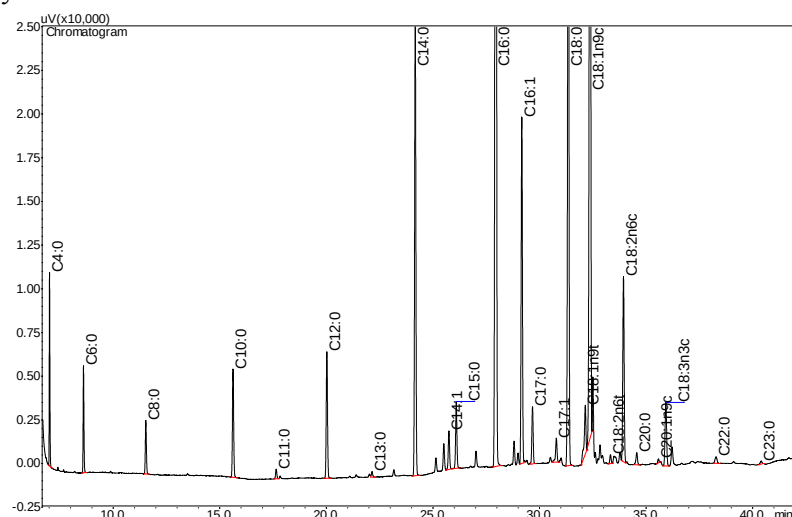


Рис.1. Хроматограмма молочного жира I – группы

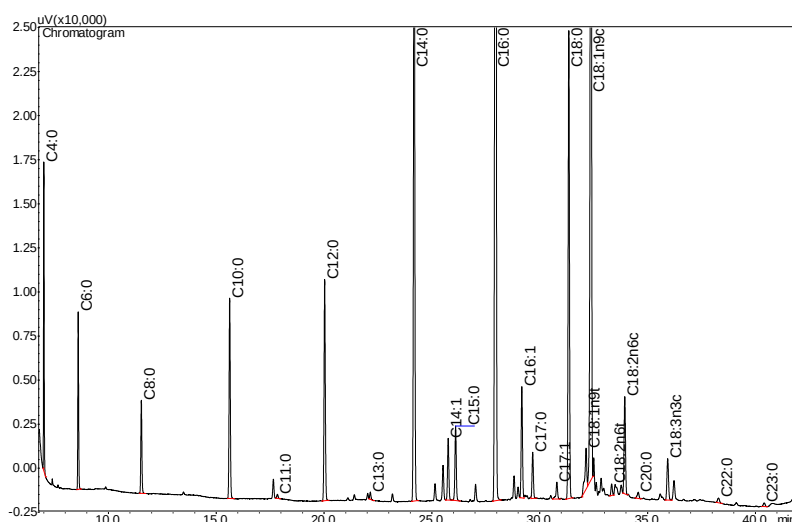


Рис. 2. Хроматограмма молочного жира II – группы

Таблица 1. **Жи́рно́кислотный состав молока коров голштинской породы**

Условное обозначение жирной кислоты	Наименование жирной кислоты по тривиальной номенклатуре	Массовая доля жирной кислоты, % от суммы жирных кислот по ГОСТ Р 52253-2004	I группа n=10	II группа n=10
Насыщенные жирные кислоты				
C4:0	Масляная	2,0-4,2	1,51	2,55
C6:0	Капроновая	1,5-3,0	1,1	1,98
C8:0	Каприловая	1,0-2,0	0,71	1,36
C10:0	Каприновая	2,0-3,5	1,65	3,32
C12:0	Лауриновая	2,0-4,0	2,01	3,86
C14:0	Миристиновая	8,0-13,0	7,31	11,78
C16:0	Пальмитиновая	22,0-33,0	30,51	28,47
C18:0	Стеариновая	9,0-13,0	13,25	8,39
C20:0	Арахидовая	до 0,3	0,24	0,15
C22:0	Бегеновая	до 0,1	0,16	0,13
Мононенасыщенные жирные кислоты				
C14:1	Миристолеиновая	0,6-1,5	0,65	1,12
C16:1	Пальмитолеиновая	1,5-2,0	5,66	2,08
C18:1	Олеиновая	22,0-32,0	23,34	20,86
Полиненасыщенные жирные кислоты				
C18:2	Линолевая	3,0-5,5	3,35	2,03
C18:3	Линоленовая	до 1,5	1,25	0,9
Насыщенные кислоты			58,45	61,99
Ненасыщенные кислоты			34,23	26,99
Мононенасыщенные кислоты			29,64	24,06
Полиненасыщенные кислоты			4,59	2,93
Прочие			7,32	11,02

Концентрация SAT – в жире молока коров I опытной группы составило – 58,45%, во II опытной группе – 61,99%. Концентрация UNSAT MONO соответственно – 29,64% и 24,06%. Количества полиненасыщенных жирных кислот (C18:2; C18:3) то концентрация UNSAT POLY – 4,59% и 2,93% (табл. 1).

В структуре жирнокислотного состава молочного жира молока коров опытных групп содержание насыщенных жирных кислот (C4:0; C6:0; C8:0; C10:0; C12:0; C14:0; C16:0; C18:0; C20:0; C22:0) составило в I группе – 58,45% и во II группе – 61,99%, в том числе количества пальмитиновой кислоты (C16:0) в I группе – 30,51% и во II группе – 28,47%. Масляная кислота (C4:0) в I группе – 1,51% и во II группе – 2,55%. Стеариновая кислота (C18:0) – 13,25%; 8,39%. Каприловая кислота (C8:0) – 0,71% и 1,36% соответственно.

Содержание мононенасыщенных жирных кислот (C14:1; C16:1; C18:1) составило в I группе – 29,64% и во II группе – 24,06%, в том числе миристолеиновая кислота (C14:1) – в I группе – 0,65% и во II группе – 1,12%. Пальмитолеиновая кислота (C16:1) – 5,66%; 2,08%. Олеиновая кислота (C18:1) – 23,34% и 20,86% соответственно.

Содержание полиненасыщенных жирных кислот (C18:2; C18:3) составило в I группе – 4,59% и во II группе – 2,93%, в том числе линолевая кислота (C18:2) – в I группе – 3,35% и во II группе – 2,03%. Линоленовая кислота (C18:3) – 1,25%; 0,9%.

Из насыщенных жирных кислот в молочном жире обеих групп преобладает пальмитиновая кислота (C16:0), но больше ее в молоке коров I группы – на 2,04%.

В составе мононенасыщенных жирных кислот (UNSAT MONO) максимальное количества характерна для олеиновой кислоты (C18:1) 23,34% и 20,86% в I и II группах соответственно. В жире молока коров 2-го и старше отелов (II-группа) олеиновой кислоты было меньше на 2,48%.

В составе полиненасыщенных жирных кислот (UNSAT POLY) максимальное количества характерна для линолевой кислоты (C18:2) 3,35% и 2,03% в I и II группах соответственно. В жире молока коров 2-го и старше отелов (II-группа) линолевой кислоты было меньше на 1,32%.

По содержанию в молочном жире наиболее биологически важных полиненасыщенных жирных кислот преимущественно принадлежит коровам I группы – 4,59%, против 2,93% коровы II группы.

Как известно, чем больше в составе жира ненасыщенных жирных кислот, тем меньше температура его плавления, а, следовательно, выше его усвояемость [4]. Данный показатель лучше в молоке у коров I группы – 34,23%. Уровень оптимальных показателей к содержанию этих кислот составляет – 38-47%. Меньшее содержание ненасыщенных жирных кислот в сравнении с оптимальными требованиями в молоке коров обеих опытных групп объясняется влиянием сезона года.

Таким образом в результате исследования жирнокислотного состава жира молока коров голштинской породы в весенний период лактации выявило различие между двумя опытными группами по количеству насыщенных жирных кислот 3,54% в пользу коров II группы. Ненасыщенных жирных кислот 7,24% в пользу коров I группы. Мононенасыщенных жирных кислот 5,58% в пользу коров I группы. По содержанию полиненасыщенных жирных кислот 1,66% в пользу коров I группы.

Выводы

1. По содержанию суммы полиненасыщенных жирных кислот преимущество принадлежит коровам I группы – 4,59%, против 2,93%- коровы II группы.
2. Благоприятное соотношение содержания ненасыщенных жирных кислот получено в жире молока у коров I – опытной группы.
3. Содержание насыщенных жирных кислот, больше в молочном жире коров II – группы, и масляной, поступающих в организм в основном лишь с молоком, больше в молочном жире коров этой же группы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Молочников, В.В. Качество молочных продуктов и рациональная переработка молока / В.В. Молочников // Улучшение качества и сокращение потерь продукции животноводства: сб. науч. тр. ВАСХНИЛ. – М.: Агропромиздат, 1988. – С. 136-139.
- [2] Шейфель, О.А. Биохимия молока и молочных продуктов: Конспект лекций / О.А. Шейфель; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2010. – 126 с.
- [3] Барабанщиков Н.В., Молочное дело – 2-ое изд., пераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1990. -351 с., ил. (Учебники и учеб. Пособия для студентов высш.учеб. заведений).
- [4] Царевич А.Н. Основы физиологии, гигиены и безопасности питания / А.Н. Царевич // Часть 1. Основы физиологии питания: Учебное пособие. - С.: Казацкий вал, 2004. – 358с.
- [5] ГОСТ Р 52253-2004 Масло и паста масляная из коровьего молока. Общетеchnические условия (сИзменением №1)

Хастаева А.Ж., Смагулов А.К., Нургалиева М.Т.

Голштин сиыр тұқымының көктем мезгіліндегі май қышқыл құрамы

Түйіндеме. Мақалада көктемгі мезгілдегі малды бағу кезеңіндегі Ақмола облысының «Астана-Өнім» АҚ-ның голштин тұқымды сиырлар сүтінің май қышқылдық құрамын анықтау бойынша мәліметтер келтірілген. Зерттеу Қазақстан-Жапон инновациялық орталығының Shimadzu GC-2010 Plus газды хроматографының отты – иондау детекторымен жүргізілді. Жұмыста көктемгі мезгілдегі малды бағу кезеңіндегі голштин тұқымды сиырлар сүті липидтерінің май қышқылдық құрамын зерттеу бойынша мәліметтер бар. Жыл маусымының сүтті мал тұқымына байланысты май қышқылдары бойынша мәліметтер алынған.

Жұмысты жүзеге асыру үшін «Астана-Өнім» АҚ-ның голштин тұқымды сиырларынан 2017 жылдың қыркүйек – қазан айлары аралығында 2 тәжірибелік топ құралды. Әр топ 10 бас сиырдан тұрады, яғни бұл топтар сиырдың жасына байланысты құралды. I топта – 1 рет төлдеген сиырлар, ал II топта - 2 және одан да көп төлдеген сиырлар алынды, сондай – ақ бұл ай сайынғы лактациясына да байланысты болды. Тәжірибелік топтардағы сиырлардың бағылуы, азықтандырылуы және сауу шарттары салыстырмалы бірдей болды. Сүт - тауар фермасында сиырларға байлаусыз бағу әдісін қолданады. Сиырларды «Карусель» сауу қондырғысында сауады. Сиырларды тәулігіне екі мезгіл сауады. Зерттеуге арналған сынамалар көктем айларында алынды, яғни 10 -шы наурыздан бастап он күнде 1 рет алынды, сонда жалпы айына сынама 3 рет алынды, наурыз айы бойынша жалпы әр сиырдан 9 сынама алынды, яғни көктем мезгілінде (наурыз, сәуір, мамыр) 20 бас тәжірибелік сиырлардан жалпы 180 сынама алынды.

Мәселен поликанықпаған май қышқылдары жиынтығының болуына қарай басымдылық I топ сиырларында – 4,59%, II-топ сиырларында - 2,93% құрайды. Қанықпаған май қышқылдарының лайықты ара салмағы I – тәжірибе тобы сиырларының сүтінен алынды. Қаныққан май қышқылдары II – топ сиырлары сүтінің майында көбірек және де ағзаға тек сүтпен келетін «масляная» (C4:0) май қышқылы осы топтың сиырларының сүт майында көбірек.

Түйінді сөздер: май қышқылдық құрам, газды хроматография, сүт, қаныққан май қышқылдары, қанықпаған май қышқылдары, голштин сиыр тұқымы.

УДК 624.131

R.B. Baimakhan, A.R. Baimakhan, A.A. Seinasinova, G.P. Rysbayeva, B.B. Orazkhan

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE GROUND BASIS OF A TILT LAYER STRUCTURE ON THE VALUE OF THE DEFORMATION OF THE FOUNDATION

Abstract. The article is devoted to the determination of the degree of the influence of anisotropy of the soils of the subfundamental base on the value of the foundation roll before the erection of the building and structures in comparison with similar soils of the isotropic structure.

It is shown that even in a homogeneous anisotropic structure of the soil, the amount of deformation of the angles of the slopes of the layers strongly affects the magnitude.

The patterns of the nature of the deformation of the untouched soil of an isotropic and anisotropic structure are determined, which differ significantly from each other.

The calculations of the algorithms developed by the computer-mathematical model and programs also reveal the features of the deformed state of the soils near the vertical wall of the basement.

Key words: ground, deformation, isotropy, anisotropy, model, calculation.

Р.Б. Баймахан^{*1}, А.Р. Баймахан², А.А. Сейнасинова³, Г.П. Рысбаева⁴, Б.Б. Оразхан¹

(¹Институт механики и машиноведения КН МОН РК,

Алматы, Республика Казахстан,

²Атырауский государственный университет имени Х. Досмухамедова, Атырау, Республика Казахстан,

³Академия гражданской авиации, Республика Казахстан, Алматы

⁴Академия пограничной службы КНБ РК, Казахстан, Алматы

¹Институт механики и машиноведения КН МОН РК,

Республика Казахстан, Алматы

E-mail: *brysbek@yandex.ru)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ НАКЛОННО -СЛОИСТОГО СТРОЕНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ ДЕФОРМАЦИИ ФУНДАМЕНТА

Аннотация. Статья посвящена определению степени влияния анизотропии грунтов подфундаментного основания на величину крена фундамента до возведения здания и сооружений по сравнению с аналогичными грунтами изотропного строения.

Показано, что даже в однородном анизотропном строении грунта сильно влияет на величину деформации величины углов наклонов слоев.

Выяснено, что значения и характер деформации нетронутого грунта изотропного и анизотропного строения значительно отличаются. Проведенными расчетами алгоритмов разработанной компьютерно-математической модели и комплекса программ раскрыты особенности образования концентрации напряжений в грунтах около фундамента и их закономерности значительно отличаются от грунтов изотропного строения.

Ключевые слова: грунт, деформация, изотропия, анизотропия, модель, расчет.

На практике имеется немало примеров обрушения современных высотных зданий из-за деформации крена фундамента. В 2011 году в Сеуле и Шанхае обрушились семи и тринадцати этажные дома. В 2013 году такая же участь постигла домов целого микрорайона "Бесоба" города Караганды Казахстана. Таких примеров по всему миру бесчисленно много. Обрушение происходило с предварительным накрениванием без какого-либо землетрясения.

Ясно, что главной причиной таких обрушений с креном является неравномерная деформация грунтового основания, которая влечет за собой деформацию фундамента. Разумеется дома были построены с соблюдением строительных законов СНиПа. Изучены грунтовые условия, проведением проверочных расчетов на прочность грунта подфундаментного основания. Спрашивается в чем, тогда причина кренообразования и разрушения самых современных высотных зданий и сооружений. Это - недостаточное изучение законов деформации грунтов строительной площадки, которые имеют различные строения. Сюда относится не только неоднородность состава грунта, но и их слоистость, влияния величины углов наклона слоев и анизотропия. В СНиПах этот момент отсутствует, так как такая модель еще не разработана. Причиной тому является сложность решения такой задачи аналитическими методами. Если в изотропной среде упругое состояние массива определяется двумя постоянными - коэффициентом Пуассона ν и модулем Юнга E , то состояние анизотропной среды, в частности транстропной - определяется пятью постоянными. Ими являются два модуля Юнга E_1 и E_2 , модуль сдвига G_2 , два коэффициента Пуассона - ν_1 и ν_2 . Здесь невозможно моделировать конструкционные особенности инженерных сооружений. Поэтому реальные ответственные инженерные сооружения моделируются и решаются только численными методами.

Рассмотрим задачу об определении закономерности деформированных состоянии грунтового основания, в общем случае наклоннослоистого строения. В качестве силового воздействия выступает собственный вес грунта и вес фундамента.

Первые работы по учету анизотропии грунта и основании систематизированы в работе А.К.Бугрова, А.И. Голубева [1]. Но тут нет математической модели грунтов наклоннослоистого строения. Такая модель создана Ж.С. Ержановым, Ш.М. Айталиевым, Ж.К. Масановым для горных пород наклоннослоистого строения и применена для исследования устойчивости разноориентированных по продольной оси в горизонтальной плоскости горных выработок различного назначения [2].

Если рассматривать грунты изотропного строения, то существуют о различные модели, учитывающие множество факторов. Некоторые из них перечислены в книге В.А. Бабешко, В.А. Волосухин, В.П. Дыба [3]. Например, вопросам проектирования оснований и фундаментов зданий и сооружений высотных зданий посвящена работа В.К. Федулова, Л.Ю. Артемьевой [4]. Некоторые отдельные вопросы фундаментов высотных зданий имеются в книге О.А. Шулятьева [5]. По экспериментальной части методы испытания грунтовых оснований, материалов и конструкций изложены в книге В.В. Лебедева, В.П. Ярцева, В.Г. Однолько [6]. Также в книге В.М. Антонова отражены некоторые вопросы экспериментальных исследований армированных оснований [7]. Современные модели подытожены в СНиПе, который является главным строительным законом. Анализ существующих работ показывает отсутствие математической модели учета анизотропии грунта наклоннослоистого строения [9], [10], [11].

Заметим, что модель наклоннослоистого горного массива [2] вполне подходит и к массивам грунта аналогичного строения. На базе этой модели создаем расчетную конечноэлементную схему исследования упругой устойчивости подфундаментного грунтового основания наклоннослоистого строения.

Как известно из теории упругости, компоненты деформаций и напряжений, являясь функцией перемещения, в плоской задаче имеют три составляющие в каждой расчетной точке плоской области.

Обобщенный закон Гука для массива грунтового основания слоистого строения по работе [2] имеет вид

$$\begin{aligned}\sigma_x &= c_{11}\varepsilon_x + c_{13}\varepsilon_z + c_{15}\gamma_{xz}, \\ \sigma_z &= c_{31}\varepsilon_x + c_{33}\varepsilon_z + c_{35}\gamma_{xz}, \\ \tau_{xz} &= c_{51}\varepsilon_x + c_{53}\varepsilon_z + c_{55}\gamma_{xz}\end{aligned}\quad (1)$$

где $\sigma_x, \sigma_z, \tau_{xz}$ - компоненты напряжения, $\varepsilon_x, \varepsilon_z, \gamma_{xz}$ - компоненты деформаций.

Как было сказано выше, закон Гука содержит 5 независимых коэффициентов. Их запишем для грунтового основания наклонно-слоистого строения ($\varphi \neq 0$). Тогда выражения для коэффициентов упругости с учетом угла наклона φ имеют вид.

$$\begin{aligned}c_1 &= \cos^2 \varphi, \quad c_2 = \sin^2 \varphi, \quad c_3 = \cos^4 \varphi, \\ c_4 &= \sin^4 \varphi, \quad c_5 = \sin \varphi \cos \varphi, \quad c_6 = \sin^2 \varphi \cos^2 \varphi.\end{aligned}\quad (2)$$

$$\begin{aligned}
 c_0 &= (1 + \nu_1)(n(1 - \nu_1) - 2\nu_2^2), \\
 c_{11} &= c_{22} = (E_1(n - \nu_2^2)) / c_0, \\
 c_{13} &= (\nu_2 E_1) / (n(1 - \nu_1) - 2\nu_2^2), \\
 c_{33} &= ((1 - \nu_1)E_1) / (n(1 - \nu_1) - 2\nu_2^2) \\
 c_{55} &= G_2
 \end{aligned} \tag{3}$$

Выражения для коэффициентов упругости (1) переходят к следующему виду.

$$\begin{aligned}
 d_{11} &= c_{11}c_3 + 2(c_{13} + 2c_{44})c_6 + c_{33}c_4, \\
 d_{12} &= c_{13} + (c_{11} + c_{33} - 2c_{13} - 4c_{44})c_6, \\
 d_{13} &= (c_{11}c_1 - c_{33}c_2 - (c_{11} + 2c_{44})\cos 2\varphi)c_5, \\
 d_{22} &= c_{11}c_4 + 2(c_{13} + 2c_{44})c_6 + c_{33}c_3, \\
 d_{23} &= (c_{11}c_2 - c_{33}c_1 + (c_{13} + 2c_{44})\cos 2\varphi)c_5, \\
 d_{33} &= c_{44} + (c_{11} + c_{33} - 2(c_{13} + 2c_{44})c_6.
 \end{aligned} \tag{4}$$

Для наклонно слоистой среды матрица упругих характеристик $[D]$ через коэффициенты упругости будет иметь вид

$$[D] = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} \\ & d_{22} & d_{23} \\ d_{ji} = d_{ij} & & d_{33} \end{bmatrix} \tag{5}$$

матрица $[D]$ - элементами которого являются коэффициенты d_{ij} , $i = 1, 2, 3; j = 1, 2, 3$ является матрицей упругих характеристик.

Матрица упругости $[D]$ в отличие от горизонтальной слоистости будет полностью заполненной, то есть нулевых элементов не будет. Количество независимых коэффициентов будет 6.

По изложенным алгоритмам (1)-(5) составлена компьютерная программа счета. Краткий МКЭ алгоритм решения данной задачи сводится к следующему. Основное разрешающее уравнение МКЭ имеет вид [12]

$$[K]\{U\} = \{P\}, \tag{6}$$

где $[K]$ -матрица жесткости системы; $\{U\}, \{P\}$ – вектора неизвестных перемещений и известных сил, которые формируются для рассматриваемого конечного элемента от весов вышележащих элементов и сводятся к узловым точкам.

После решения системы уравнений (6) становятся известными составляющие вектора перемещений $\{U\}$. Компоненты деформации и напряжения вычисляются с помощью следующих известных соотношений МКЭ

$$\{\varepsilon\} = [B]\{U\}, \tag{7}$$

$$\{\sigma\} = [D]\{\varepsilon\}, \tag{8}$$

где $\{\varepsilon\}^T = \{\varepsilon_x, \varepsilon_z, \gamma_{xz}\}$ – составляющие деформаций; $[B]$ – градиентная матрица; $\{U\} = \{u, \vartheta\}$ –

вектор составляющих перемещений; $\{\sigma\}^T = \{\sigma_x, \sigma_z, \tau_{xz}\}$ – вектор составляющих напряжений.

Для проверки достоверности и точности решения задачи по предлагаемой модели расчета, предварительно решена задача Шехтера, которая имеет аналитическое решение [13]. Смысл этой задачи сводится к следующему. На середину плиты бесконечной длины, лежащей на полуплоскости приложена сосредоточенная нагрузка P . Данная задача близко отражает нашу задачу о системе «Фундамент-основание» и имеет точное решение. В работе приведены точные значения для вертикальной составляющей перемещения, которая равна: $w_z^{\text{Анал}}=0,33$ на контакте плиты с грунтовым основанием.

В качестве теста эта задача решена нами методом конечных элементов для расчетной области, показанной на рисунке 1, при следующих геометрических размерах: $L=100\text{м}$, $h=40\text{м}$, $P=100$ тонн. Упругие характеристики полуплоскости: $E=1\cdot 10^2$ МПа, $\nu=0.4$ и фундаментной плиты с высотой $0,5$ м: $E=2.1\cdot 10^4$ МПа, $\nu=1.6$. Рассматриваемая система находится в условиях плоской деформации.

На вертикальной оси симметрии под фундаментом на контактной точке показанной черным кружочком вертикальная составляющая перемещений: $w_z^{\text{Анал}}=0,33$ см, что точно совпадает с ее аналитическим решением.

Переходим теперь к нашей задаче. Для конструктивных элементов фундамента приняты следующие значения физико-механических свойств: $E=1.704\cdot 10^4$ МПа, $\nu=0.25$, $\gamma=2.5\cdot 10^2$ Мн/м³. Для грунтового основания остаются прежние данные. Для материалов засыпки: $E=0.60\cdot 10^4$ МПа, $\nu=0.28$, $\gamma=2.3\cdot 10^2$ Мн/м³.

Для анализа полей деформации выбираем некоторые характерные расчетные точки. Такие точки показаны на рисунке 1. Три точки, которые находятся на поверхности фундамента, отмечены буквами: «Л» – левая; «Ц» – центральная и «П» – правая, относительно центральной вертикальной оси и их места показаны черными кружочками.

Физико-механические свойства массива: Упругие постоянные и объемный вес для массива изотропного строения равны: $E=1\cdot 10^2$ МПа, $\nu=0,2$, $\gamma=2,0\cdot 10^{-2}$ МН/м³. Такие параметры для массива анизотропного строения соответственно равны: $E_1=0.576\cdot 10^2$ МПа, $E_2=0.256\cdot 10^2$ МПа, $\nu_1=0.31$, $\nu_2=0.28$, $G_2=0.12$ МПа и объемный вес – $\gamma=2,2\cdot 10^{-2}$ МН/м³.

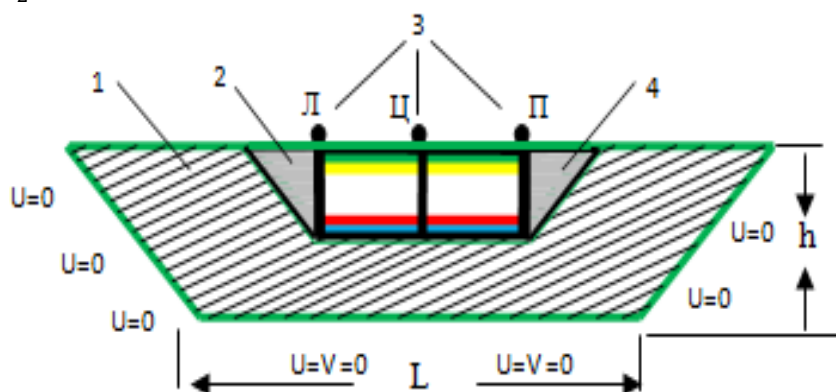


Рис. 1. Расчетная схема задачи фундамент -наклонно-слоистое грунтовое основание

Для данной расчетной области следующая разбивка: 9604 конечных элементов с 9801 узловыми точками. Результаты исследования по определению различных деформированных состояний от собственного веса грунта и фундаментной конструкции показаны на рисунках 2-7.

Для сравнения отличий грунта изотропного строения от грунтов анизотропного строения, отдельно исследовано деформированное состояние грунта однородного изотропного строения. Физико – механические свойства грунта такого строения приняты: $E=0.71\cdot 10^4$ МПа, $\nu=0.31$, $\gamma=2.0\cdot 10^2$ Мн/м³. Так как, при горизонтальной слоистости (угол заложения $\varphi=0$) область имеет упругую симметрию, поля деформации тоже будут симметричными, а при изотропно однородном грунте будет более симметричным. Поэтому на рисунке 2 показаны на правой половине от оси симметрии эпюры для изотропного варианта, а на левой части для анизотропного варианта.



Рис. 2. Сопоставительные эпюры перемещений (деформации) грунта фундаментного основания и вокруг него. Результаты соответствуют: левая часть - грунтам анизотропного горизонтально слоистого строения ($\varphi=0$), а правая часть - изотропного строения

Несмотря на то, что грунты имеют примерно одинаковые упругие свойства, из-за слоистости и анизотропии левая часть деформируется больше, чем правая.

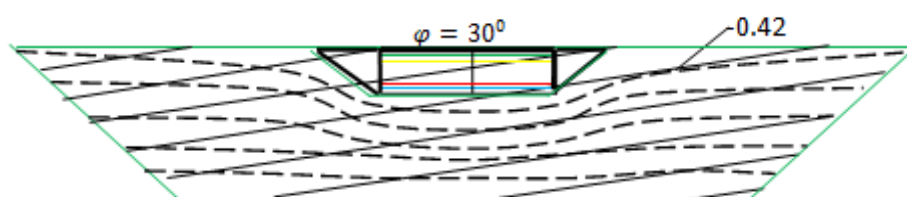


Рис. 3. Эпюры перемещений (деформации) фундамента и грунтов наклонно-слоистого строения ($\varphi=30^\circ$)

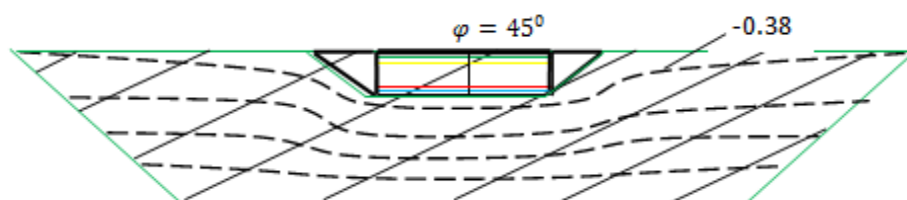


Рис. 4. Эпюры перемещений (деформации) фундамента и грунтов наклонно-слоистого строения ($\varphi=45^\circ$)

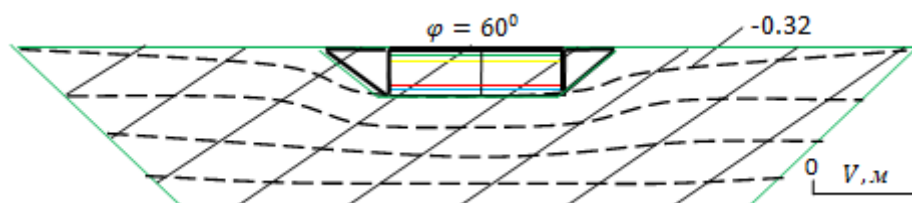


Рис. 5. Эпюры перемещений (деформации) фундамента и грунтов наклонно-слоистого строения ($\varphi=60^\circ$)

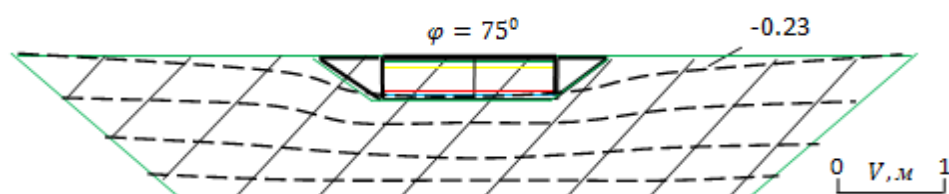


Рис. 6. Эпюры перемещений (деформации) фундамента и грунтов наклонно-слоистого строения ($\varphi=75^\circ$)

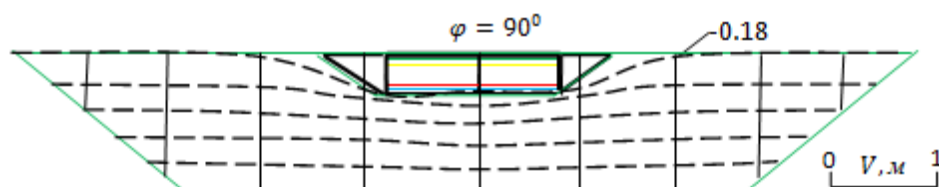


Рис. 7. Эпюры перемещений (деформации) фундамента и грунтов вертикально слоистого строения ($\varphi=90^\circ$)

Здесь в системе «Фундамент-наклонно-слоистое грунтовое основание» наблюдается следующая закономерность. Наибольшие по величине деформаций на эпюрах наблюдаются, когда углы наклонов слоев ближе к горизонтальной слоистости. Самая наименьшая деформация имеет место при вертикальной слоистости, при $\varphi=90^\circ$.

Таким образом, с помощью предложенной расчетной модели грунта наклоннослоистого строения изучены основные закономерности деформационных состояний подфундаментного грунтового основания в зависимости от величины углов наклонов грунтового основания, столь важные для учета при проектировании фундаментного основания высотных зданий и сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бугров А.К., Голубев А.И. Анизотропные грунты и основания сооружения. – Санкт-Петербург: Недра, 1993. – 226 с.
- [2] Ержанов Ж.С., Айталиев Ш.М., Масанов Ж.К. Сейсмонапряженное состояние подземных сооружений в слоистом анизотропном массиве. – Алма-Ата: Наука, 1980. – с. 96–102.
- [3] Бабешко В.А., Волосухин В.А., Дыба В.П. Инженерные методы расчета оползневых склонов и откосов грунтовых плотин. – Краснодар; Новочеркасск, 2013. – 216 с.
- [4] Федулов В.К., Артемова Л.Ю. Проектирование оснований и фундаментов зданий и сооружений. – М.: МАДИ, 2015. – с. 21-52.
- [5] Шулятьев О.А. Фундаменты высотных зданий // Вестник ПНИПУ. – М., 2014. - №4. – с. 12-17.
- [6] Леденёв В.В., Ярцев В.П., Однолько В.Г. Испытание грунтовых оснований, материалов и конструкций. – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2014. - 240 с
- [7] Антонов В.М. Экспериментальные исследования армированных оснований. – Тамбов: Издательство ТГТУ, 2011. - 80 с.
- [8] СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия.
- [9] СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений.
- [10] СНиП РК 3.02-02-2009. Общественные здания и сооружения.
- [11] СП 22.13330.2011 Свод правил «Основания зданий и сооружений». Москва 2011.159 с.
- [12] Баймахан Р.Б. Расчет сейсмонапряженного состояния подземных сооружений в неоднородной толще методом конечных элементов (Под ред.акад. Ш.М. Айталиева). - Алматы, 2002. – С. 232.
- [13] Шехтер О.Я. Расчет бесконечной фундаментной плиты, лежащей на упругом основании конечной и бесконечной мощности и нагруженной сосредоточенной силой // Труды НИИ фундаментостроя. – М.: Госстройиздат, 1939. - №10. – С. 133-139.

Баймахан Р.Б., Баймахан А.Р., Сейнасинова А.А., Рысбаева Г.П., Оразхан Б.Б.

Көлбеу қабатты болып келетін төсеніш топырақтың үйдің іргетасының деформациялану шамасына әсерін бағалау

Түйіндеме. Мақала ғимараттар мен құрылыстард ытұрғызғанға дейін іргетас астындағы топырақтың изотропты құрылымды деп есептелетін моделге карағанда табиғи құрылымы анизотропты деп шындыққа жақын шынайы моделдеуге және ондай жағдайда іргетастың қисайу шамасы мүлдем бөлек болатынын көрсетуге арналған.

Топырақ қабаттары біртекті анизотропты болғанның өзінде қабаттардың көлбеу бұрыштары әртүрлі болғанда олардың деформация шамасына қатты әсер ететіні көрсетілген.

Изотропты және анизотропты құрылымды топырақ қабаттарының деформациялану заңдылықтары анықталды және бұл екі жағдайда олардың айтарлықтай бөлек болатыны эпюраларлар мен көрсетілді.

Сонымен қатар, жүргізілген есептеу алгоритмдері, құрастырылған компьютерлік-математикалық модельдер және бағдарламалар арқылы алынған нәтижелер бойынша іргетастың тікқабырғалары маңындағы топырақтардың деформациялану күйінің ерекшеліктері ашылған.

Кілттік сөздер: топырақ, деформация, изотропия, анизотропия, модель, есептеу

Baimakhan R.B., Baimakhan A.R., Seinasinova A.A., Rysbayeva G.P., Orazkhan B.B.

Evaluation of the influence of the Ground basis of a tilt Layer structure on the Value of the Deformation of the Foundation

Summary. The article is devoted to the determination of the degree of the influence of anisotropy of the soils of the subfundamental base on the value of the foundation roll before the erection of the building and structures in comparison with similar soils of the isotropic structure.

It is shown that even in a homogeneous anisotropic structure of the soil, the amount of deformation of the angles of the slopes of the layers strongly affects the magnitude.

The patterns of the nature of the deformation of the untouched soil of an isotropic and anisotropic structure are determined, which differ significantly from each other.

The calculations of the algorithms developed by the computer-mathematical model and programs also reveal the features of the deformed state of the soils near the vertical wall of the basement.

Key words: ground, deformation, isotropy, anisotropy, model, calculation

Работа выполнена при поддержке гранта Комитета науки МОН РК: ГФ ИГН АР05136194

УДК.663.18

¹A.B. Omarova, ²B.U. Baikhodzhaeva, ¹Zh.K. Tulemisova, ¹G.S. Zetbek

(¹Kazakh national agrarian university, Almaty, Kazakhstan

²Eurasian National University named after L. Gumilev, Astana, Kazakhstan

E-mail: akonia-1989@mail.ru)

DETERMINATION OF THE STABILITY OF LACTIC ACID BACTERIAS TO INGIBITORS OF THE GASTROINTESTINAL TRACT FOR THE PURPOSE OF PRODUCING OF PROBIOTIC PRODUCTS

Abstract. In recent years, the concept of "probiotics", "prebiotics" and "products of probiotics" in the microecological problem of the gastrointestinal tract of humans and animals has become widespread in everyday life. Among the groups of microorganisms used in probiotic drugs, the most important are Bifidobacterium. In the study of their probiotic properties, the practice of determining the resistance of the digestive system to natural inhibitors also plays an important role. This article presents the results of studying the stability of a new strain of Bif.crudilactis 7-1C and active lactic acid bacterias, to inhibitors of the gastrointestinal tract with the aim of producing probiotic products.

Key words: probiotic, prebiotic, lactobacteria, bifidobacterium and gastrointestinal tract.

¹А.Б. Омарова, ²Б.У. Байхожаева, ¹Ж.К. Төлемісова, ¹Г.С. Зетбек

(¹Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы,

²Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан Республикасы,

E-mail: akonia-1989@mail.ru)

ПРОБИОТИКАЛЫҚ ӨНІМДЕР ӨНДІРУ МАҚСАТЫНДА АС ҚОРЫТУ ЖҮЙЕСІНІҢ ТАБИҒИ ТЕЖЕГІШТЕРІНЕ СҮТҚЫШҚЫЛДЫ БАКТЕРИЯЛАРДЫҢ ТӨЗІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ

Аннотация. Соңғы жылдары адамдар мен жануарлардың организмдерінің асқазан-ішек жолдарының микроэкологиялық проблемасына қатысты «пробиотиктер», «пребиотиктер», «пробиотиктердің өнімдері» деген түсініктер күнделікті өмірде кең таралып келеді. Пробиотикалық препараттардың құрамында қолданылатын микроорганизмдер топтарының ішіндегі ең маңыздысы - Bifidobacterium тобының өкілдері. Олардың пробиотикалық қасиеттерін зерттеу барысында ас қорыту жүйесінің табиғи тежегіштеріне төзімділігін анықтау тәжірибесі де маңызды орын алады. Бұл мақалада түйе сүтінен ең алғаш рет бөлініп алынған Bif.crudilactis 7-1C штамының және белсенді бірқатар лактобактериялардың ас қорыту жүйесінің табиғи тежегіштеріне төзімділіктерін зерттеу жұмысының нәтижелері көрсетілген.

Кілт сөздер: коректік орта, штамм, бифидобактерия, пробиотикалық препарат, ішек микрофлорасы.

Пробиотиктер – бұл адамның тірі симбионтты-микроорганизмдерден құралған организмнің бұзылған микроэкологиясын қалпына келтіру қабілеттілігі бар биопрепараттар. Ішке қабылдағанда олар

ішек бөліктерінің кілегей қабатын колонизациялайды, биологиялық активті заттарды (БАЗ) өндіреді – органикалық қышқылдар, бактериоциндер мен басқа метаболиттер, патогенді және шартты-патогенді микроорганизмдер өсіп-көбейуін тежейді. Пробиотиктер ішек микрофлорасына физиологиялық жағдайына жағымды әсер береді, детоксикациялық және иммунды модуляциялайтын әсері бар [1,2,3].

Пробиотик препараттары ретінде қолданатын симбионтты микроорганизмдерге бифидобактериялар, лактобациллалар, стрептококктар, қалыпты микрофлораның басқа да өкілдері жатады. Бұл *Bifidobacterium bifidum*, *B.longum*, *B.breve*, *B.adolescentis*, *Lactobacillus acidophilus*, *Lb.lactis*, *Lb.plantarum*, *Lb. fermentum*, *Lb. casei*, *Lb.ramnosus*, *Streptococcus lactis*, *Str.cremoris*, *Bacillus subtilis* және т.б. Олар қышқыл ортаға, өт тұздарына төзімді, организмнің ішегін және басқа биотоптарының кілегей қабатын колонизациялайды. Ветеринарлы практикада пробиотиктер өндеуіне жоғары аталған микроорганизмдерге қоса *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida pintolonesi*, *Aspergillus niger*, *Asp.oryzae* қолданылады [4,5].

Материалдар мен әдістер. Зерттеу жұмыстарының нысаны ретінде Алматы облысынан әкелінген түйе сүті, құрт, шұбат тәрізді сүтқышқылды өнімдерден бөлініп алынған сүтқышқылды бактериялары алынған болатын. Лактобактериялар мен бифидобактериялардың таза өсінділерін алу үшін қоректік заттарға бай қоректік орта МРС және Бифидум қоректік орталары дайындалды. Ең алдымен гидролизден сүт қоректік ортасына егіп, нәтижесінде өсудің баяу жүретініне көз жеткіздік. Кейін МРС қоректік ортасына және Бифидум қоректік ортасына егіп, бөлініп алынған сүт қышқылды бактериялардың ішінен іріктелініп алынған 5 штамның ас қорыту жүйесінің табиғи тежегіштеріне төзімділіктері зерттелінді [6,7].

Пробиотиктер жасау кезінде пробиотикалық микроорганизмдердің асқазан сөліне, өтке, ас тұзына және басқа да зақымдаушы агенттерге төзімділігін анықтаудың маңызы зор. Өйткені пробиотик ұзақ уақыт бойы ішек микрофлорасында өміршеңдігін сақтауы қажет, әсіресе органикалық қышқылдарға, рН төменгі шамасына резистентті болуы шарт. Бұл ең алдымен пробиотикалық бактериялар асқазан жолдары арқылы тоқ ішекке дейін тірі күйінде жетуін қамтамасыз етеді [8]. Микроорганизмдердің қышқыл ортада өміршеңдігін сақтап қалуы оларды тиімділігі жоғары пробиотик қатарына жатқызу үшін маңызды көрсеткіші болып есептеледі. Сондықтан біздің зерттеу жұмысымыздың мақсаты іріктелініп алынған бифидобактерия штамдарының ас қорыту жүйесінің табиғи тежегіштеріне төзімділіктерін анықтап, жоғарғы көрсеткіш көрсеткен белсенді штамдарды басқа да қасиеттеріне зерттеу үшін ұсыну.

Сүт қышқылды бактерия штамдарының ас тұзына төзімділігін анықтау құрамында әртүрлі 2, 4, 6 % NaCl бар қоректік орталарда жүргізілді. Ал өтке төзімділігін анықтау үшін құрамында өттің әртүрлі концентрациясы бар 8-10 мл МРС қоректік ортасына зерттелетін өсіндінің 1 ілмек тамшысын ектік. Бұл зерттеу жұмысы кезінде сүт қышқылды бактериялары құрамында 20, 30 немесе 40% өті бар қоректік ортада зерттелінді.

Сүт қышқылды бактериялардың өкілі – бифидобактериялар мен лактобактериялардың жоғарыда айтылып өткен ас қорыту жүйесінің табиғи тежегіштеріне төзімділіктерін зерттеу нәтижелері төмендегі №1, №2, №3 кестелерде көрсетілген.

Кесте 1. Сүт қышқылды бактериялардың әртүрлі рН қоректік орталарында өсуі

Штамм №	рН мәні			
	5,0	5,5	6,0	6,5
<i>Lact.lactis</i> 7-8 М	+	+	+	+
<i>Bif.crudilactis</i> 7- 1С	-	+	+	-
<i>Lactobacillus helveticus</i> 5-2М	+	+	+	+
<i>Lactobacillus paracasei</i> 8-2 М	-	-	+	+
<i>Lactobacillus brevis</i> 8-6 М	+	+	+	-

1-кестеде көрсетілгендей, зерттелген барлық штамдар рН – 6,0 шамаларына төзімділікті көрсетті. *Lactobacillus paracasei* 8-2 М штамы рН- 6-дан төмен ортада өспеді. *Lactobacillus helveticus* 5-2М рН барлық шамаларында өсу қабілетіне ие екенін көрсетті.

Сүт қышқылды бактериялардың пробиотик ретінде қолдану мүмкіншілігі ретінде ең алдымен олардың өт қышқылдарына төзімділігін анықтау қажеттілігі тұрады. Лактобактериялар өт ортасында

жоғарғы қабілеттілікке ие, олар асқазан-ішек жолдарына оңай орналасады және ұзақ уақыт бойы осында өздерінің лактозо-метаболизмдік ферменттерін өндіреді. Өт қышқылдары бүйректе холестеролдан синтезделеді және он екі елі ішектен бөлінеді [9].

Зерттеу жұмыстары 20, 30, 40 % өт қосылған МРС қоректік ортасын қолдану арқылы жасалды. Штамдарды 37 °C температурада инкубациялап, өсуін 48 сағаттан соң тіркеп алдық. Нәтижесі 2-кестеде келтірілген.

Кесте 2. Сүт қышқылды бактериялардың әртүрлі өт концентрациясында өсуі

Штамм №	Ортадағы өт концентрациясы, %		
	20	30	40
Lact.lactis 7-8 M	+	+	±
Bif.crudilactis 7- 1C	+	-	-
Lactobacillus helveticus 5-2M	+	±	±
Lactobacillus paracasei 8-2 M	+	±	-
Lactobacillus brevis 8-6 M	+	±	±

Тәжірибе нәтижесінде зерттелген штамдардың барлығы дерлік 20 % қоректік ортада өскенін байқадық.

Қорытындылай келе, бұл зерттеу тәжірибесінен өткен 5 штамдардың асқазан, он екі елі ішек және тік ішек арқылы өтіп, өзінің экологиялық орны – тоқ ішекке жетіп, онда өзінің қызметін жалғастыра алатын болады.

Сонымен қатар зерттелген барлық культуралардың асқазан сөлінің 20-40 %-ға дейінгі өспелі концентрациясына төзімді екені анықталды. Оған қоса, сүт қышқылды бактериялардың 0,2 % фенол қосылған ортада аман қалу мүмкіншілігі 100 % көрсетті.

Осылайша, сүтқышқылды бактериялардың көпшілігінің асқазан-ішек жолдарының қышқыл ортасында өміршендігін сақтап қалуы олардың пробиотикалық микроорганизмдерді іріктеудің маңызды көрсеткіштерінің біріне жауап бере алатынын дәлелдей түседі. Әдебиет деректері бойынша әсерлі пробиотиктер қатарына жатқызыла алады.

Пробиотикалық штамдардың аман қалуын өт, фенол, асқазан сөлімен қатар, ортадағы ас тұзына төзімділіктерін анықтау арқылы бағалауға болады. Сондықтан да біз іріктелген штамдардың 2 және 4 % NaCl ерітіндісі бар ортада өсуін зерттедік. Тәжірибе қорытындысы 3 - кестеде көрсетілген.

Кесте 3. Ас қорыту жүйесінің табиғи тежегіштеріне сүт қышқылды бактерияларының төзімділіктері

Штамм №	Штамдардың өміршендігінің сақталуы		
	2% NaCl	4% NaCl	0,2% фенол қосылған қоректік ортада
Lact.lactis 7-8 M	+	+	+
Bif.crudilactis 7- 1C	+	+	±
Lactobacillus helveticus 5-2M	+	±	+
Lactobacillus paracasei 8-2 M	+	+	+
Lactobacillus brevis 8-6 M	+	+	±
Ескерту: «-» - штамдардың өспеуі; «±» – әлсіз өсу; «+» - белсенді өсу.			

Зерттеу барысында барлық штамдардың 0,2 % фенол, 20 және 40 % өт, 2, 4 % NaCl қосылған қоректік ортада азды-көпті жақсы өскенін байқадық.

Қорытынды

Зерттеу нәтижелерін талдай келе біз мынандай қорытындыға келдік: зерттелген штамдардың ішінде пробиотикалық препарат дайындауға едәуір перспективтілері болып *Lact.lactis* 7-8 М және *Lactobacillus helveticus* 5-2М штамдары табылды, өйткені олар асқазан-ішек жолдарының табиғи тежегіштеріне төзімділік танытты. Пробиотикалық өнімдер өндіру мақсатында аталған штамдарды қолдану жоғары көрсеткішті нәтиже беретініне көз жеткіздік. Сол себептен аталған штамдар болашақта емдік және профилактикалық мақсатта пробиотикалық препараттар алу үшін ұсынылып отыр.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Тулемисова Ж.К. Микробиологические основы создания и использования биопрепаратов пробиотического действия. Докт. диссерт. –Алматы: -2003. –210с.
- [2] Гаврилова Н.Н. Создание и производство новых пробиотиков на основе бактериальных культур. Автореф. докт. дис. –Алматы: -1993. –46с.
- [3] Бондаренко В.М., Грачева Н.М. Препараты пробиотики, пребиотики и синбиотики в терапии и профилактике кишечных дисбактериозов // Фарматека.-2003.- №7.С.56-63.
- [4] Несчислаев В.А., Молохова Е.И., Чистохина Л.П., Сорокина Ю.В. К вопросу разработки пробиотических препаратов из культуральной жидкости лактобактерий// Материалы международного конгресса «Пробиотики, пребиотики, синбиотики, и функциональные продукты питания. Фундаментальные и клинические аспекты». – Санк-Петербург.-2007.- № 1-2.-С.55
- [5] Квасников Е.И., Нестеренко О.М. Молочнокислые бактерии и пути их использования. –М.: «Наука». - 1975. – 384 с.
- [6] Muñoa and Pares, 1988 F.J. Muñoa, R. Pares Selective medium for isolation and enumeration of *Bifidobacterium* spp. Appl. Environ. Microbiol., 54 (1988), 1715–1718.
- [7] Omarova A., Mekadim Ch., Bunesova V., Killer J., Vojtech R., Tulemisova Zh. 2016. Isolation and characterization of *Bifidobacterium crudilactis* from camel milk originated from the Kazakhstan area. International Masaryk Conference for PhD students and young researchers. Vol VII, December 12-16. Hradec Kralove, Czech Republic pp.1693-1700.
- [8] Koroleva, N.S. 1982. Special products. Proceedings 21st International Dairy Congress 2:146-151. Moscow: Mir Publishers.
- [9] Scardovi, 1981 V. Scardovi. The Genus *Bifidobacterium*. in: A. Balows, J.G. Truper, M. Dworking, W. Harder, K. Schleifer (Eds.), The Prokaryotes. A Handbook of Habitats, Isolation and Identification of Bacteria Springer-Verlag, Berlin (1981), 1951–1961.

Омарова А.Б., Байхожаева Б.У., Тулемисова Ж.К., Зетбек Г.С.

Определение устойчивости молочнокислых бактерий к ингибиторам желудочно-кишечного тракта с целью производства пробиотических продуктов

Резюме. В последние годы в повседневной жизни широко распространена концепция «пробиотиков», «пребиотиков» и «продуктов пробиотиков» в микробиологической проблеме желудочно-кишечного тракта человека и животных. Среди групп микроорганизмов, используемых в пробиотических препаратах, наиболее важными являются *Bifidobacterium*. При изучении их пробиотических свойств важную роль играет практика определения резистентности пищеварительной системы к естественным ингибиторам. В этой статье представлены результаты изучения устойчивости нового штамма *Bif. crudilactis* 7-1С и активных молочнокислых бактерий, к ингибиторам желудочно-кишечного тракта с целью производства пробиотических продуктов.

Ключевые слова: питательная среда, штамм, бифидобактерия, пробиотический препарат, кишечная микрофлора.

Omarova A.B., Baikhozhaeva B.U., Tulemisova Zh.K., Zetbek G.S.

Determination of the stability of lactic acid bacterias to inhibitors of the gastrointestinal tract for the purpose of producing of probiotic products

Summary. In recent years, the concept of "probiotics", "prebiotics" and "products of probiotics" in the microbiological problem of the gastrointestinal tract of humans and animals has become widespread in everyday life. Among the groups of microorganisms used in probiotic drugs, the most important are *Bifidobacterium*. In the study of their probiotic properties, the practice of determining the resistance of the digestive system to natural inhibitors also plays an important role. This article presents the results of studying the stability of a new strain of *Bif. crudilactis* 7-1C and active lactic acid bacterias, to inhibitors of the gastrointestinal tract with the aim of producing probiotic products.

Key words: probiotic, prebiotic, lactobacteria, bifidobacterium and gastrointestinal tract.

UDC:7.03/351.853(045)(574)

Sh.T. Abdykarimova

(S. Seifullin Kazakh Agro Technical University,
Astana, Kazakhstan.
E-mail: sholpan_nazerke@mail.ru)

DEVELOPMENT OF THE CARAVAN- SARAI'S ON THE GREAT SILK WAY

Abstract. The uniqueness of the caravan-saray became the basis for research on the basis of its archaeological sites.

Recreating urban planning history of caravan-saray, and study of construction equipment and technology applied in its construction extends understanding of the characteristics of architecture in its manifestations as a stage of universal history of architecture.

Keywords: Architecture, caravan-saray, urbanism, planning structure, the stages of formation, factors, methods.

Ш.Т.Абдыкаримова

(Казахский Агротехнический университет им. С.Сейфуллина,
Астана, Республика Казахстан.
E-mail: sholpan_nazerke@mail.ru)

РАЗВИТИЕ АРХИТЕКТУРЫ КАРАВАН-САРАЕВ НА ВЕЛИКОМ ШЕЛКОВОМ ПУТИ

Аннотация. Уникальность караван-сараев стала основанием для исследований на базе археологических раскопок.

Воссоздание градостроительной истории караван-сараев, а также изучение строительной техники и технологий, используемых при его строительстве, расширяет представления об особенностях архитектуры в её проявлениях как этапа всеобщей истории архитектуры.

Ключевые слова: Архитектура, караван-сарай, градостроительство, маршруты, планировочная структура, этапы формирования, факторы, методы.

Введение. Углубленное изучение архитектуры и зодчества II-XVII веков, и исследование их в максимально широком диапазоне дает возможность по-новому интерпретировать основное содержание и роль исследуемой эпохи в истории культуры и связи на территории Центральной Азии.

В связи с усилением процесса оседания кочевников и укреплением торговых связей между кочевым и оседлым населением, происходил бурный рост городов, а вследствие стабилизации караванных путей, способствовавшей специализации городов, в них возникали обменные районы – караван-сарай, рабады, т.е. торгово-ремесленные предместья. При историко-архивных и библиографических исследованиях памятника архитектуры караван-сараев были одними из выдающихся произведений среднеазиатского зодчества, и не случайно многие исследователи и по сей день останавливают свое внимание на их архитектуре.

Уникальность караван-сараев стала основанием для исследований на базе его археологических раскопок, который требует систематического изучения и сравнительного сопоставления со сложившимися представлениями о архитектуре.

Руины караван – сараев как укреплений и пространственно- временных ориентиров торговых путей давно привлекают внимание ученых, поскольку эти строения отражают уровень развития государства, его территориальную структуру и специфику внешнего окружения.

В научной литературе сложился обширный массив наблюдений о караван – сараях, на основе информации, взятых из разных источников, археологических раскопок, которые требуют обработки.

Последовательные этапы развития караван-сараев единые по своему содержанию в разных странах, да и синхронные, не были случайным совпадением. Они подчинялись единым и общим закономерностям, адекватным процессу всего общественного развития. Сооружения караван- сараев в странах расположенных на территории Великого Шелкового пути достаточно полно показывают взаимовлияния, традиции, самобытность зодчества этих регионов.

До недавнего времени в Казахстане не уделялось должного внимания изучению памятников народного зодчества караван-сараяв. Рассмотрение остатков древних памятников в качестве источников по истории архитектуры, технологии самого строительства (использование различных конструктивных приемов, строительные материалы), а также общественных отношений, открывает новые возможности для анализа и обобщений в архитектуре. Караван-сарай издавна привлекали и привлекают внимание путешественников и, как правило, являются незаурядными и часто по-новому освещают историю архитектуры нашей республики. Все это дает право считать памятники караван-сараяв уникальным явлением в архитектуре Казахстана.

Для успешного движения караванов по Великому Шелковому пути необходимо было наличие постоянных источников пресной воды, пастбищ и мест ночевки и дневок. Соответственно это обеспечивалось в караван-сараях.

Таблица 1. Характеристика и методы выявления структурных элементов караван-сараяв

Характеристика		Методы выявления и определения
Ансамблевое ядро	Совокупность строений, образующих единую композицию, которая создавалась в течение длительного времени при учете основного первоначального замысла. В большинстве случаев соответствует территории объекта наследия типа «ансамбль».	Историко-архитектурные исследования направленные на: 1) выяснение исторических границ «ансамбля» караван-сарая (архивные, натурные, археологические исследования); 2) оценку сохранности элементов караван –сарая и выяснение возможностей их регенерации (во многих случаях проектное действие). В целом методы соответствуют современным методам определения территорий объектов культурного наследия.
Зона фоновой исторической застройки	Фрагменты фоновой исторической застройки, сохранившие значительную целостность с небольшой долей диссоциирующих объектов и утрат. Могут включать отдельные исторические доминанты, не входящие в ансамблевое ядро. В большинстве случаев соответствуют территориям, обладающим признаками достопримечательного места или относимым к охраняемым зонам памятников.	Историко-архитектурные исследования направленные на: 1) выявление территорий обладающих ценной исторической застройкой или ландшафтов, исторически связанных с караван-сараями; 2) оценка сохранности (степени целостности) застройки или ландшафтов. В зоны включаются территории, сохранившие или в основном сохранившие основные принципы исторической композиционно –пространственной организации, значительную часть элементов комплексов застройки. Основные единицы оценки для застройки – исторический значительный фрагмент строения
Граница караван-сараяв	Обусловлена сменой структурно-композиционных и средовых характеристик застройки и ландшафта. Граница может быть четкой, размытой или иметь переменный характер.	Определяется, прежде всего, как линия соотношения по горизонтали качественно различных фрагментов застройки или ландшафта (ансамблевого ядра и зон фоновой исторической застройки с инновационным окружением), может быть привязана к планировочным и ландшафтными рубежам, барьерам.

Расстояние между караван-сараями не должно было превышать одного дневного перехода, т.е. не более 60 км, но обычно места ночевки и дневок располагались на расстоянии не превышающим 25 км.

Являясь не только инструментом для обобщения имеющихся сведений, но и мощным средством исследования, караван-сарай позволяют выявить на региональном уровне противоречивость информации, а так же последовательность или разрыв исторических связей.

Анализ источников позволяет сделать вывод о том, что вопросам исследования караван-сараев, их структурам, функциональным назначениям, роли в развитии государств, а также причинам их появления и исчезновения не отводилось должного внимания. В связи с этим, вопросы, посвященные исследованиям караван – сараев на территории Центральной Азии и их роли в прогрессе являются актуальными.

Караван-сарай (караванный дом) - большие общественные строения в городах, на дорогах и в ненаселённых местах, служащие кровом и стоянками для путешественников.

Эти места обмена интеллектуальными и материальными ценностями являются символами и свидетельствами истории и культурного разнообразия Шелкового Пути. Их архитектура свидетельствует о сферах влияния государств.

В городе караван - сарай: место хранения и распределения товаров, а также пристанище для торговцев и путешественников. Вне городов - постоянный двор для короткого привала караванов, людей, товаров и животных.

Назывались они по разному: хан, кхан, (Khan), караван - сарай (Caravanserai), фундук, викаля, рабат даже - касария, «кейсарией», и ещё несколькими вариантами, что зависело от языка, из которого происходило название: персидского, турецкого, арабского, греческого, что характеризовало степень цивилизации, при которых они были созданы и распространялись на огромные территории [10].

Необходимость создания таких сооружений вдоль древних путей обменов между Востоком и Западом объясняет их большое количество и качество архитектурных решений. Именно поэтому они составляют важную часть наследия, общего для большинства стран, через которые проходили торговые пути, разделяющие пейзаж на расстояния однодневного перехода каравана. Их внутренняя структура наглядно отражает традиционную социально-экономическую систему в связи с ростом городов и усилением транзитной караванной торговли.

Художественное воздействие таких сооружений во многом объясняется соразмерностью ее частей. Высота здания, пролеты, проемов, размеры являются производными со стороны центрального квадратного зала. Наиболее древние развалины караван-сараев относятся, по-видимому, лишь к VIII веку н.э. Самые поздние постройки относятся к концу XIX века. Таким образом, исторические рамки перечня охватывают период от V века до н.э. и до XIX н.э. (с VIII по XIX век в археологическом плане) [3].

Наиболее распространен тип караван-сарая с внутренним двором, окруженным одно- и двух- (реже – трехэтажными) помещениями (вверху обычно гостиница, внизу склады и стойла). Караван-сарай укреплялись стенами либо присоединялись к рабатам.

Известны зальные караван-сарай (встречаются в Азии) – прямоугольные здания, разделенные на нефы (средний неф – для людей и товаров, боковые – для животных). Наиболее распространен тип караван-сарая с внутренним двором, окруженным одно- и двух- (реже – трехэтажными) помещениями (вверху обычно гостиница, внизу склады и стойла) [4].

Принимая во внимание разнообразность функционального назначения караван-сарая, его многочисленные графические варианты, его представляется абсолютно необходимым проведение исследования общего наследия, широко распространенного от Европы до Китая, от Магриба до Индийского субконтинента и представленного как в городах, так и в пустынных и горных районах [10].

В наше время караван-сарай, как и в прошлом, могли бы вновь играть важную роль в развитии торговли в качестве поливалентной структуры общения людей и средства передачи знаний. Материал по застройке караван-сараев требует систематического изучения и сравнительного сопоставления со сложившимися представлениями об архитектуре. Воссоздание градостроительной истории караван-сараев, а также изучение строительной техники и технологий, примененных при его строительстве. Для караван-сараев характерен сложный пространственно-временной синтез разнообразных путей движения со своими полями тяготения и, соответственно, собственным гармоническим порядком. Переплетаясь, они формируют общую структуру, по своей сложности сравнимую с грандиозным решением того же периода.

Известный казахский ученый историк, академик Алькей Маргулан, ссылаясь на итоги ранних археологических исследований Абея Рамоди, Шаванье де-Грота, В.В. Бартольда и др., утверждал, что во II-III вв.н.э. на территории Казахстана были воздвигнуты одноименные города с башенными караван-сараями. Такие цивилизации, как Отрарская, не уходит бесследно. В Отрарском оазисе было более 150 городов, крепостных замков и укрепленных селений, соединенных меж собой цепочкой караван-сараев [1].

**Карта основных караванных путей
по трассе Великого Шелкового пути.**

Составлено по материалам: Исследовательского центра
по Шелковым Путям. Нара (Япония).



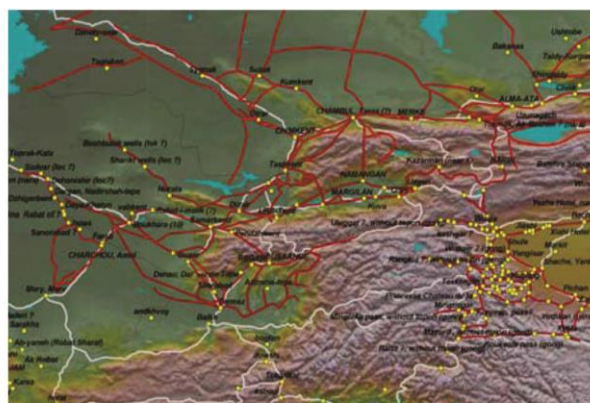
**Казахстан - наложение карты и
спутникового изображения на
базовую цифровую карту.**

Составлено по материалам: Исследовательского центра
по Шелковым Путям. Нара (Япония).



**Центральная Азия синтез
караванных путей**

Составлено по материалам: Исследовательского центра
по Шелковым Путям. Нара (Япония).



**Синтезирующая карта караванных
путей по трассам Великого
Шелкового пути.**



Рис. 1. Карты основных караванных путей на трассах Великого Шёлкового Пути, составленная Исследовательским центром по Шелковым Путям, Нара (Япония).

Научные, культурные, экономические и торговые связи объясняют сходство архитектуры. Наличие некоторых общих принципов и концепций, объединяющих архитектуру построек караван-сараев. Сооружения караван-сараев особенно крупных требовало колоссальных затрат труда и средств. В связи с этим само наличие их на определенных территориях является свидетельством развитых социально-экономических отношений в древних сообществах, что в свою очередь указывает на наличие условия для развертывания крупномасштабного строительства [2].

Выявляются функциональные особенности караван-сараев, сообщающие о социально-идеологических, этнокультурных, религиозных сторонах, характеризующих образ жизни народов.

Основным фактором формирования объектов являются и их архитектурные функции, также трактуется структурное разнообразие типов караван-сараев.

Можно сформулировать следующие принципы и некоторые закономерности формирования караван-сараев:

- сравнительная скупость и простота внешнего облика не соответствует их внутренней структуре, которая является маленьким микромиром, имеет полифункциональный смысл и содержание;
- принципы формирования размеров караван-сараев соответствуют из назначению, они реализуют концептуально их архитектурную, идеологическую и социальную структуру;
- караван-сарай следует считать временными ориентирами и центрами на территории пролегания Великого Шелкового пути.

Изучением караван-сараев в качестве культурных наследий занимаются - Исследовательский центр по Шелковым Путям, Нара (Япония), профессор Пьер Лебигра (Франция) и др. в рамках программы ЮНЕСКО, которые считают, что сохранение этих объектов и их включение в структуру современного общества в качестве культурных наследий в значительной степени содействует достижению цели развития диалога. Географический перечень ограничивается в основном Центральной Азией.

Синтез караванных путей Центральной Азии на основе различных предложений показан на рисунке 2. Дороги белого цвета – созданы исследовательским центром по Шелковым Путям, (Нара, Япония). Дороги красного цвета – по перечню ЮНЕСКО.

Изучение архитектуры Центральной Азии показывает, что, несмотря на все свои отличия, проявлявшееся отчетливо и даже резко, зодчество в разных странах проходило одни и те же этапы и следовало в своем развитии одним и тем же художественным принципам [6]. Процесс развития архитектуры этих стран шел в одном, как бы общем фарватере и отражал общие тенденции, т.е. был подчинен общим закономерным особенностям.

Анализ развития архитектуры караван-сараев на разных этапах развития Великого Шелкового Пути позволяет сделать выводы:

1. Появление караван-сараев на Великом Шелковом Пути было следствием развивающейся торговли.
2. Для каждого этапа развития Великого Шелкового Пути характерны разные типы караван-сараев, обусловленные значимостью выполняемых функций.
3. В исследовании выявлено, что в процессе слияния местных принципов и общих для каждого культа традиций, на трассе Великого Шелкового пути появляются первые самостоятельные сооружения, отвечающие новым религиозным представлениям. Их сходные архитектурно-планировочные решения берут свое начало в древнейшей архитектуре Казахстана.
4. В результате исследования установлено, что наличие караван-сараев на определенных территориях является свидетельством различных социально-экономических отношений в древних сообществах, что в свою очередь является причиной неравномерности их размещения.
5. По материалам исследования сделан вывод, что архитектура караван-сараев, родившихся из сплава с искусством древних цивилизаций, обладают самобытностью и ярко выраженными особенностями, которые, став неотъемлемой частью городов, имели подавляющее влияние на формирование их архитектурно-художественного облика.
6. Выявлено, что постройки караван-сараев более тринадцати веков играли основополагающую роль в политической, общественной и культурной жизни регионов находящихся на трассах Великого Шелкового пути. Эстетическая потребность этих сооружений, позволяет сделать вывод, что идеология имела первостепенное значение в формировании архитектуры караван-сараев.

Простота и логичность композиции, хорошее соотношение ее основных элементов, выразительность архитектурных форм, новизна и оригинальность- все это дает возможность отнести караван-сарай к числу подлинных произведений архитектуры.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Таймагамбетов Ж.К., Артюхова О.А., Аубекеров Б.Ж. Археологические памятники на Великом Шелковом пути. – Алматы, 2001. – С. 22-24.
[2] Акишев А.К. Великий Шелковый путь – путь миссионеров // Материалы научно-практической конференции «Шелковый путь и Казахстан». – Алматы, 1999. – С. 29–43.
[3] Акишев К.А. Археологические исследования в Казахстане // Историческая наука Советского Казахстана. – Алма-Ата, 1990. – С. 231–246.
[4] Касенов М.С. Раскопки караван-сарая вблизи Тараза. – Алма-Ата: «Гылым», 1991. – 77 с.
[5] Пугаченкова Г.А. Зодчество Центральной Азии–XVвек.–Ташкент, 1976.–116 с.
[6] Абусеитова М.Х. История Центральной Азии: концепции, методология и новые подходы: Материалы международной научной конференции: К новым стандартам в развитии общественных наук в Центральной Азии.– Алматы: Дайк-Пресс, 2006 –С.10–18.
[7] Савинов Д.Г. Степные империи Евразии.– С-Пб –С.120–147.
[8] Плано Карпини и Гильом де Рубрук. Путешествие в Восточные страны. – Алматы: Гылым, 1996 – С.110–111.
[9] Пржевальский Н.М. Третье путешествие в Центральную Азию.–С-Пб., 1883.–473 с.
[10] Райс Т.Т. Сельджуки кочевники-завоеватели Малой Азии.– М., 2004. – С.103–105.

Әбдікәрімова Ш.Т.

Ұлы Жібек жолында керуен-сарайлары сәулетінің дамуы

Түйіндеме. Керуен сарайларының бірегейлігі оларға археологиялық қазба жүргізу базасында зерттеу үшін негіз болды.

Керуен сарайларының қалақұрылысы тарихын қалпына келтіру, сондай-ақ оның құрылысы кезінде қолданылған құрылыс техникасы мен технологиясын зерделеу оның жалпы сәулет тарихының бір кезеңі ретіндегі көріністерінде сәулеттің ерекшеліктері туралы түсінікті кеңейте түседі.

Түйінді сөздер: сәулет, керуен-сарайлары, қалақұрылысы, бағыттар, құрылымды жоспарлау, құралымның кезеңдері, факторлар, әдістер.

Abdykarimova Sh.T.

Development of the Caravan – Sarai's on the Great Silk Way

Summary. The uniqueness of the caravan-sarai became the basis for research on the basis of its archaeological sites.

Recreating urban planning history of caravan-sarai, and study of construction equipment and technology applied in its construction extends understanding of the characteristics of architecture in its manifestations as a stage of universal history of architecture.

Key words: architecture, caravan-sarai, urbanism, planning structure, the stages of formation, factors, methods.

УДК:608.2:62

B. Jankurazov, K. Jankurazov, D. Zhalelov, A. Jankurazov

(Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: dula_219@mail.ru)

INVESTIGATION OF PECULIARITIES OF CHANGES OF GRAIN PULP IN STORAGE

Abstract. Changes in the moisture content of stored grain crops, the fact that evaporated water activity is a factor in preserving raw materials and food; the reasons for the transition from a calm to a state of active survival during storage; the durability of the stored grain and the formation of an intermediate layer, which is a factor in food safety; is a factor of food safety in conditions of self-heating of exothermic processes during transition from a calm state to an active life in the groups of self-heating germination in a grain dump. The difference in the filtration rate was determined by the increase in the temperature and temperature of air flows from the lower layer; application of volumetric volume in fibrous spaces; The phases of storage and drying of the process are shown below the grain.

Key words: Elevators, granaries, cereals, cereal dumps density, food safety, grain, active ventilation, type 1 phase, harmful microorganisms.

Б.О. Жанкуразов, К.Б. Жанкуразов, Д.Б. Жалелов, А.К. Жанкуразов

(Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы,

E-mail: dula_219@mail.ru)

**АСТЫҚ ҮЙІНДІСІН ҚОЙМАЛАРДА САҚТАУ БАРЫСЫНДАҒЫ
ӨЗГЕРІСТЕРІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

Аңдатпа. Сақталып тұрған астық ылғалдылығының өзгеруін, буланған су активтілігінің шикізат және тағам өнімдерінің сақталу факторы болып табылуы; сақтау кезіндегі дәннің тыныштық күйден белсенді тіршілік

ету күйіне өту себептері; ұзақ мерзімге сақталатын астық тұрақтылығы және тағам қауіпсіздігіне әсер ету факторы болып табылатын аралық қабаттың түзілуі; астық үйіндісінде өздігінен қызу ошағын түзе жүретін дән топтарының тыныштық күйден активті тіршілік ету күйіне өту кезіндегі экзотермиялық процестердің өздігінен қызу ошағының түзілуінің өндірістік жағдайларында орыналады және тағамдық қауіпсіздік факторы болып табылады. Төменгі қабаттан ауаның ағымдардың астық температурасының және температурасының жоғарылауы сүзу жылдамдығының айырмашылығы анықталған; дақылдарлық кеңістікте шұрық көлемінің таралуы; астықты астынан БЖ барысындағы оның сақталу және кептірілу этаптары көрсетілген.

Түйін сөздер: Элеваторлар, астықты сақтау, дән аралық қуыстар (ДАҚ), астық үйіндісінің тығыздығы, тағам қауіпсіздігі, дән, белсенді желдету (БЖ), 1-ші түрдегі фазалық ауысу, зиянкесті микроорганизмдер.

Кіріспе. Нақты ақпарат негізінде сақталатын астықты ғылыми негізде бағалау және басқару өзара байланыста болатын физико – химиялық және физиологиялық – биохимиялық процестер бағдарын болжауға мүмкіндік береді, астықтың санды – сапалы шығынын төмендетіп және өнімнің тағамдық қауіпсіздігін қамтамасыз етеді. Астық өнімдері саласы кәсіпорындары өрт болу қаупі жоғары нысандар болып табылады. [1,2,3] Астықты қабылдау, өңдеу, кептіру, сақтау, тасымалдау, қайта өңдеу өндіріс процестер барысында өртке қауіпті жарылғыш шаң – тозанды және жанғыш қоспалардың пайда болуы мүмкін. Жоғарыда аталған мәселелерге байланысты, бірнеше сұрақ туындайды: Элеваторларда және астық сақтау қоймаларында астықты сақтау кезінде, оның күйінің нашарлау процесі күйінің не себепті, қай жерінде, қашан және қандай ретте басталады? – Физиологиялық активтілігі мен температурасы әр түрлі болатын астық массасын сақтау кезіндегі шығын мөлшері қанша болады? Физиологиялық активтілігі жоғары учаскелердің пайда болуын алдын алып дән үйіндісін шығынсыз қалайша сақтауға болады? – Пайда болған өзіндік қызу ошағын қалайша аз шығынмен жоюға болады? [1,2,3,4,5]

Дәнді дақылдардың энергетикалық құндылығы жоғары болғандықтан олар температура мен ылғалдығының флуктуациясынан ферментативті жіктеледі және микрофлоралардың дамуына жол ашады!

Әрине астық үйіндісінде бұндай жағдай орын алса, осы дәнді- дақылдан алынған өнімдердің сапасымен, қауіпсіздігі төмендейді!

Бұл, трансмиссиялық жылудың астық үйіндісінің ішіне қарай өтпеген жағдайында, басталған экзотермиялық процестер дамып және, көршілес учаскелерді қамтып өздігінен қызу ошағының түзілуі мүмкін және оның тағамдық қауіпсіздігі күрт төмендейді! [1,2,3, 4, 5]

Зерттеу материалдары мен әдістері. Алға қойылған мақсаттарға сәйкес эксперименталды зерттеулер Қазақ Ұлттық Аграрлық Университеті, «Алейрон» ЖШС зертханаларында жүргізілді. [4]

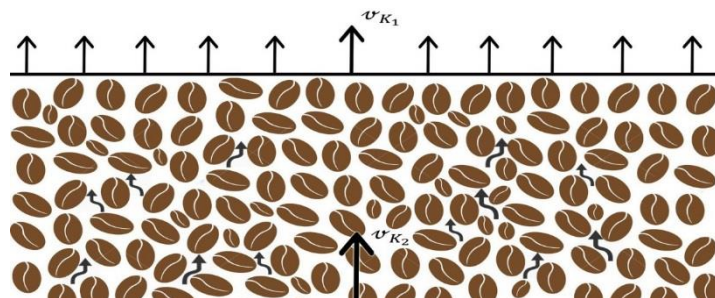
Жинақтық типті силостық қоймаларындағы астықтың дән аралық қуыстарның флуктуациясы заңдылығын модельдеу экспериментальдық қондырғышта қабатымен артқанда, технологиялық сұраныстарымен аялдағанда, ағызғанда зерттедік. Зерттеу нысаны ретінде астық дақылдары: кең тараған бидай сұрыптары – жаңа жиналған «Северная звезда.тв» бидай сұрыпы таңдалды. Сонымен зерттеу барысында астық қоймасында ішкі тасымалдау кезінде қойма ішіндегі дәнді дақылдар тығыздығы өзгереді. Осы себептен, астықты белсенді желдеткен кезде ауа ағыны дәнді дақылдардың барлық үйінділеріне бірдей өтіп, салқындатпайды. Осыны зерттеуге сүйене отырып, өндірістік зерттеу жасадық. Астықтың ылғалдылығын экспресс ЦВС-3А, құрылғысымен дәлелденді. Олардың дәлдігі 1,0-2,5% аралығын құрайды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау. Судың дән биополимерлерімен байланысының энергиясы ылғалдың артуына қарай айтарлықтай азаяды, яғни ол физиологиялық процестердің белсенді күйге өтуіне және дәннің тыныштық күйден белсенді тіршілікке көшу үшін жеткілікті болады. Астық үйіндісінде ауаның БЖ кезіндегі сүзілуінің ерекшеліктері орын алады және осы технологияның тиімділігіне әсер етеді.

Сонымен бірге дәнді-дақылдың микроструктурасы мен капиллярларында 1-ші түрдегі фазалық ауысу барысында қоршаған ортаға бөлінетін жылудың әсерінен микроорганизмдер дамиды.

Астық үйіндісін белсенді желдету кезінде ауаның сүзілетін арналарын зерттеу үшін көзбе-көз зерттеу эксперименталды қондырғысын қолдандық.

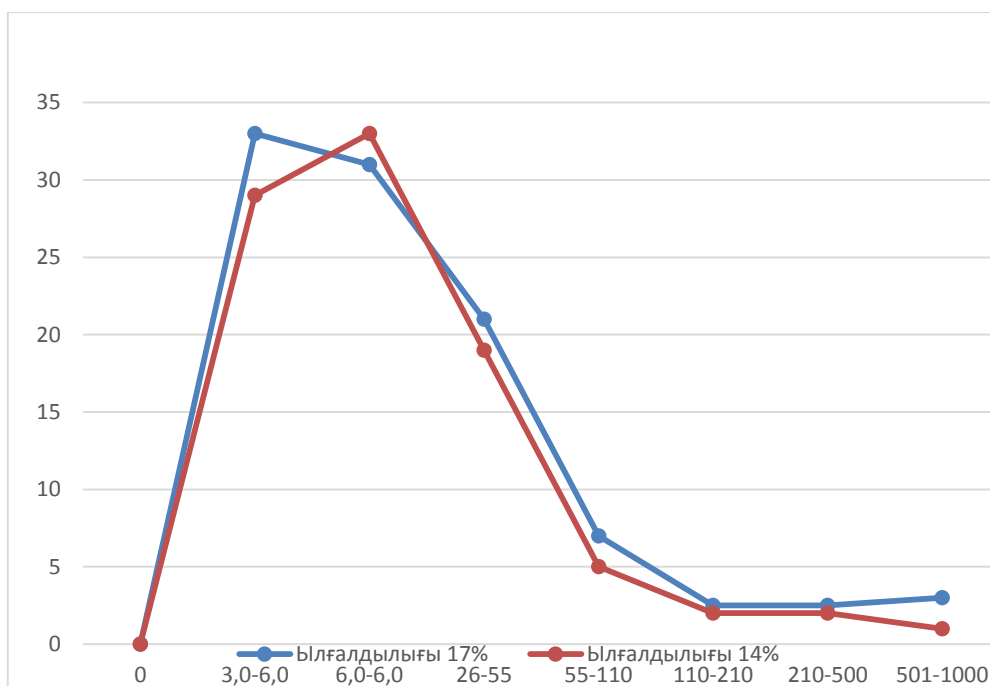
1-суретте БЖ кезінде ауаның сүзілуінің кескіні көрсетілген. БЖ барысында сүзіліп жатқан ауаның жылдамдығы дән аралық қуыстарында $V_{K1} < V_{K2}$ болғанымен оның тиімділігі (астықты салқындату, кептіру) күтілгендей болмайды. Себебі активті қозғалу аумағында (АҚА) дәндердің ішкі тасымалдау кезінде, шығару тесігінің үстінде немесе қабырғасындағы ағызу тесіктерінің аумағында орналасқан дәндер қуыстарының көлемі басқа жерлерінен неғұрлым үлкенірек.



1-сурет. Белсенді желдету кезінде ауаның сүзілуі. VK1- ауаның астық үйіндісінің ішіндегі сүзілу жылдамдығы; VK2- дән үйіндісінің беткі қабатына сүзіліп шыққан кезіндегі жылдамдығы.

Ауаның сүзілуіне алдында айтылған жоғары ылғалдылықтағы бұзылған бидайдың дән аралық қуысы физиологиялық процесстердің дамуынан ол аумақтарда салқын ауа сүзіліп өтпейді. Ауа астық үйіндінің осал жерлермен айналып өтеді!

Астық массасының ұяшықты өзін-өзі жылыту үдерісін көзбен шолып зерттеу нәтижелері астық үйіндісінің шектік кеңістігінің таралуы және өлшемі (көлемі) бойынша мәліметтерді өзін-өзі жылыту ошағында газ-ауа қоспасының диссипативті үдерістері мен эффузиясының даму кинетикасы мен жалпы сызбасын (2-сурет) алуға мүмкіндік берді.



2-сурет. Дақыларалық кеңістікте шұрық көлемінің таралуы

Графиктен ең көп шұрықтар саны 6,0-тен 26,0 мм³ көлемге сәйкескелетінін көруге болады (31%). Көлемі 55 және 110 мм³ артық шұрықтар жалпы шұрықтар санының тек 7% құрайды. Көлемі 501-1000 мм³ дейін шұрықтар 2% құрайды.

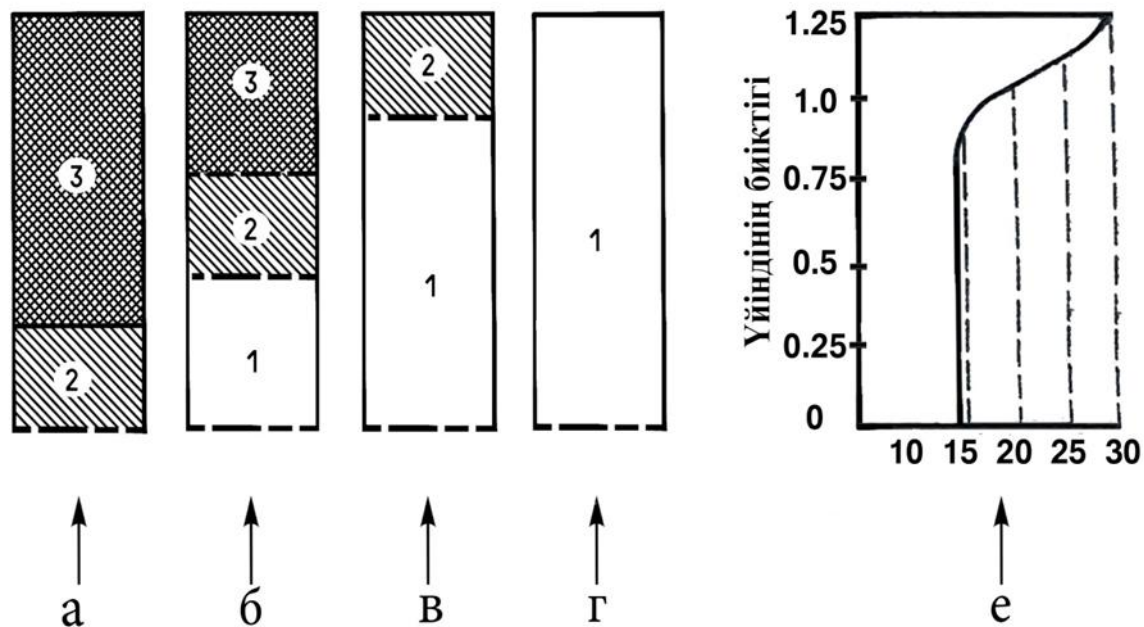
Шектік кеңістікті талдау нәтижелері әртүрлісәқтау тәртібінде олар орасан ауытқуға шалдығатынын көрсетті. Бұл дақыларалық кеңістікте (МЗП) бу диффузиясының біршама жылдамдықта алыс қашықтыққа ауысуына және үйіндінің қолайлы жерінде зиянкестердің бағытты және керісінше миграциясына себеп болады.

Жоғары аталған құрам бөліктерінің астық массасына аддитивті әсері астықтың перифериялық қабаттарының деструкциялық үдерістерімен (акуыз бен крахмал макромолекулаларының денатурациясы, тағамдық құндылығы төмендеуі, еріген, сіңімді түрге өтуі) қатар жүреді, сонымен қатар зақымданған дән ұнды құрам бөлігінен ажырайды, зиянкестер экскременттерімен ластанып, улы қасиеттер иеленеді.

Сәйкесінше айқындалған заңдылықтар мен үйіндіні төгу тығыздығының айырмашылықтары астықты өңдеудің технологиялық әдістерінің тиімділігіне әсер етеді: белсенді желдету, суыту, кептіру, газация, сонымен қатар астықты сақтау.

Осы себептен дән аралық қуыстағы ауаның қысымы көбейеді және БЖ кезінде мұндай аумақтағы бұл дән аралық қуыстағы ауа алмастырылмайды, температурасы төмендемей қала береді!

БЖ кезінде алдымызда айтылған дән үйіндісіндегі қасиеттерін дәлелденбеген сәтте, БЖ-дің тиімділігін төмендетеді. Төменгі суретте астықты астынан БЖ барысындағы ауаның алмастыру және салқындату этаптары көрсетілген.



3-сурет. Астықты астынан БЖ барысындағы оның сақталу және кептірілу этаптары.

а-бастапқы кезі; б-жалғасқан кезі; в-БЖ процессінің ортасы және астықтың салқындатылған мөлшерінің үйінді үстіне шыққан кезі; г-қоймадағы астық толық салқындатылған кезі; е-астық үйіндісінің биіктігіне байланысты оның температурасының қалыптасуы. 1-астық үйіндісінің салқындатылған астықтың аумағы; 2-астық үйіндісінің салқындатылып және кептіріліп жатқан аумағы; 3-астық үйіндісінің салқындатылмаған аумағы.

Астық массасы 30кг, ылғалдылығы 16,0%, температурасы 300С, ауаның БЖ жылдамдығы 0,06м/с, ал сүзіліп өтетін уақыты 0,5 мин, БЖ ауаның температурасы 12-140С.

Астықты БЖ кезінде астық үйіндісіндегінің салқындату және кептіру барысы бірқалыпты болмайды екен (2 а-сурет). Астықты БЖ кезінде бастапқы оның ауаның өткен жері ғана кептіріледі, оның биіктігі шамамен 0,25-0,30м (2а-сурет 2). Ал үстіңгі аумағы астықтың салқындатылмаған аумағы (2 а-сурет 3). Себебі желдетіп жатқан ауаның температурасы астыңғы аумақтан өткенде жылуын алып, үстіңгі бөлігін салқындатпайды.

3 б-суретте 1-астық үйіндісінің салқындатылған астықтың аумағының биіктігі 0,5м болады.

3 б-суретте 3-астық үйіндісінің салқындатылып және кептіріліп жатқан аумағы.

3 б-сурет 3-астық үйіндісінің салқындатылмаған аумағы.

3 в-сурет 1-астық үйіндісінің салқындатылған астықтың аумағының биіктігі 1м болады.

3 в-сурет 2-астық үйіндісінің салқындатылып және кептіріліп жатқан аумағы.

3 г-сурет 1-толық кептірілген және салқындатылған астық.

3 е-суретте графиктан келесі тұжырымдар көріп тұрмыз: астық үйіндісінде салқындату және кептіру барысында барлық астықты ала кетпейді.

Астық үйіндісіндегі дәндердің 0,8м биіктігіне дейін температурасы БЖ барысында 30°С тан 14°С ға дейін төмендеді.

Зерттеудің барысында келесі ғылыми және өндіріске сай тұжырымдар негізінде табылып отыр.

1) Сонымен астықты БЖ технологиялық әдістерден астықтың тұрақтылығын арттыу үшін оның салқындатылған және кептірілген аумақтарының астық үйіндісінің үстіне жетпей тоқтатмаймыз. Жартылай салқындатып, жартылай кептіріп БЖ тоқталуға болмайды.

2) Себебі, астықты БЖ кезінде астындағы дәнді дақыл ауасы ылғалға байып алып үстіне қарай барып орта жолдағы дәндерге шық болып қалдырады! Осы себептен сол аумақтағы дәндер бұзыла бастайды.

3) Астық қоймаларда кездейсоқ қырманнан келіп жатқан дәнді дақылдардың ылғалдылығы мен температурасы әр түрлі болады. Осының себебінен оперативтік сақтау кезінде бұндай айырмалшылықтары орташа және ұзақ мерзімде сақталынып қалса дән арасындағы қуыстарында жүріп жатқан қабаттарының арасындағы ылғал және жылу алмасуы заңды түрде тоқтамайды. Бірақ, шағын аумақтарда басталған қолайсыз дәндердің тұрып қалатын жерлерінде физиологиялық процестер (дәннің, микробтардың демалуы, қызуы) және сол себептен булы ылғалдың себебінен көршілес аумақтарға жайылады.

Қорытынды

Астық ылғалданған кезде, микробиологиялық заттармен толықтырылатын кешенді физика-механикалық және биохимиялық процестер дамиды. Дән микротетіктеріне ылғалды ену астықтың эндоспермасындағы микро- және нано-жарықшақтардың пайда болуымен бірге жүретін термодинамикалық процесс болып табылады.

Дәнаралық кеңістігі астық қондырғыштың радиусы $R = 15$ см аумағында (қойма қабырғасында) бірқалыпты. $3-26 \text{ мм}^3$ дәнаралық қуыстардың 23% -дан өзгермеген, ал $R = 0$ см аумағында астық ағызу тесігінің үстінде дәнаралық кеңістіктердің мөлшері $3-500 \text{ мм}^3$ -ге дейін кеңейді, оның көлемі $3-23 \%$ -ға дейін жетті. Ал радиусы $R = 5, 10$ см-лер аумағында ДАҚ бірқалыпты, төменірек $6-110 \text{ мм}^3$.

Эксперименттік зерттеу барысында астық үйіндісіндегі дәндердің $0,8\text{м}$ биіктігіне дейін температурасы БЖ барысында 30°C тан 140°C ға дейін төмендеп, сақтауға қауіпсіз болды.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Трисвятский Л.А. Хранение зерна. – М.: Колос, 1980-250с.
- [2] Правила организации и ведения технологического процесса на элеваторах и хлебоприемных предприятиях Министерства Заготовок ССР. Москва 1984. стр. 124.
- [3] Егоров Г.А. Управление технологическими свойствами зерна: - ИК МГУПП, Москва, 2005. – 292 с.
- [4] Джанкуразов Б.О., Джанкуразов К.Б Қазақстанның алтын дәнін сақтау. Алматы: -Алейрон, 2016 -168 б.
- [5] Покровский А.А Химический состав пищевых продуктов. Москва-Пищевая промышленность, 1976 - С-228.
- [6] Джанкуразов Б.О., Джанкуразов К.Б., Алдабергенова А. Технологические и термодинамические аспекты безопасного хранения зерна и маслосемян. // Пищевая технология и сервис. – 2009. - № 1. - С. 24-25.
- [7] Азаров В.М. Технологическая линия для обработки зерна .В кн.: Механизация сельскохозяйственного производства. -Барнаул: Алтайское книжное изд-во, 1974. с. 8-16.
- [8] Трисвятский Л.А. Микроорганизмы зерна и муки. М.: Загот-издат, 1941. - 172 с.
- [9] Трисвятский Л.А. Роль микроорганизмов в самосогревании зерна. М.: Заготиздат, 1940. - 38 с. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. - М.: Заготиздат, 1944. - 90 с.
- [10] Тугаринов В.В. Холодная сушка зерна. М.: Госторгиздат, 1938, - 70 с.
- [11] Тугаринов В.В. О самосогревании зерна. Мукомолье и элеваторно-складское хозяйство, 1939, \$ 10, с. 31-33. Устройство для оценки зерна по отделимым примесям /Аль-терман А.Э., Жиганков Б.В., Зайцев В.П. и др. - Труды ВНИИЗ, 1979, вып. 91, с. 24-34.
- [12] Правила по организации и ведению технологического процесса на элеваторах. М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1972. -49 с.
- [13] Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1981. - 143 с.

Джанкуразов Б.О., Джанкуразов К.Б., Жалелов Д.Б., Джанкуразов А.К.

Особенности изменения насыпи зерна при хранении на складах

Резюме. Изменение влажности хранящихся зерновых культур, тот факт, что испаренная водная активность является фактором сохранения сырья и продуктов питания; причины перехода от спокойного к состоянию активного выживания при хранении; долговечность хранящегося зерна и образование промежуточного слоя, что является фактором безопасности пищевых продуктов; является фактором безопасности пищевых продуктов в условиях самонагрева экзотермических процессов при переходе от спокойного состояния к активной жизни в группах прорастания самонагрева в зерновом отвале. Разность скорости фильтрации определялась увеличением температуры и температуры потоков воздуха из нижнего слоя; применение объемного объема в волокнистых пространствах; Под зерном показаны фазы хранения и сушки процесса.

Ключевые слова: Элеваторы, зернохранилище, крупы, плотность зерновых отвалов, безопасность пищевых продуктов, зерно, активная вентиляция, фаза 1 типа, вредоносные микроорганизмы.

Jankurazov B., Jankurazov K., Zhalelov D., Jankurazov A.

Investigation of peculiarities of changes of grain pulp in storage.

Summary. Changes in the moisture content of stored grain crops, the fact that evaporated water activity is a factor in preserving raw materials and food; the reasons for the transition from a calm to a state of active survival during storage; the durability of the stored grain and the formation of an intermediate layer, which is a factor in food safety; is a factor of food safety in conditions of self-heating of exothermic processes during transition from a calm state to an active life in the groups of self-heating germination in a grain dump. The difference in the filtration rate was determined by the increase in the temperature and temperature of air flows from the lower layer; application of volumetric volume in fibrous spaces; The phases of storage and drying of the process are shown below the grain.

Key words: Elevators, granaries, cereals, cereal dumps density, food safety, grain, active ventilation, type 1 phase, harmful microorganisms.

UDC 631.82

¹Mohammad Ismail Sadaat, ¹Shafiqullah Aryan, ²Tayebullah Zahid, ³Erik Askarbekov
(²Nangarhar University, Horticulture Department of Agriculture faculty, Nangarhar, Afghanistan.)
(¹Nangarhar University, Agronomy Department of Agriculture faculty, Nangarhar, Afghanistan.)
(³Kazakh National Agrarian University, Almaty, Republic of Kazakhstan
E-mail: erik_ab82@mail.ru)

A STUDY THE EFFECTS OF UREA FERTILIZER AND CULTIVATION METHODS ON GROWTH AND YIELD OF GARLIC (*ALLIUM SATIVUM* L)

Abstract. This study was undertaken to determine the best planting method of garlic production to pursue garlic producing farmers in Eastern region of Afghanistan. A field experiment was conducted at Nangarhar University, Agriculture faculty Research farm on different urea fertilizer application rates and cultivation methods which effected garlic growth and yield, during 21/11/2017 to 7/5/2018. The urea fertilizer used in three rates with 60 kg ¹N ha⁻¹, 100 kg N ha⁻¹ and 140 kg N ha⁻¹ and cultivation methods were Raised bed, Flat system and Furrow system. The experiment was laid out two factors in RCB design with 3 replications. As a result among the entire treatments 140 kg N ha⁻¹ urea fertilizer rate with Raised bed cultivation method had significance different with 8.8 ton ha⁻¹ high yields [1], [2].

Key words: garlic, fertilizer, cultivation methods, yield, nitrogen.

Introduction. Garlic (*Allium sativum* L.) is belong to Onion family Alliaceae, and it's the second most consuming plant after onion. Garlic contributes significant nutritional value to the human diet and has medicinal properties and is primarily consumed for its unique flavor or for its ability to enhance the flavor of other foods (Randle, 2000). In Afghanistan mostly garlic importing from other countries such as: Pakistan, India and China, and the reason of importing is the lack of insufficient production in the country where farmers face technical problems and cause mistakes during production system. Farmers expect large size garlic cloves cultivation for high production, that can cause to great damage in yield. It illustrates that for gaining a high level of garlic yield may not depend to large size cloves cultivation. In addition fertilizing the suitable amount of nutrient application and productive system definitely matters as well. In spite of good agricultural practices, the nutrients, distance between rows and best cultivation system are also the most important issues for garlic high yields (Arakeryet al.1995). Relatively the effects of Nitrogen (N) can cause to high yield and quality of garlic either. (Singh and Tewari 1990, Maurya and Bhuyan 1982). During cultivation the selection of good cloves weight size (2.5 – 9 gr) is more effective on plant growth, good leave width and up to 65 – 70 mm bulb can be produced. (M.A. Torres. 2002). Different cultivation methods can be effective for garlic and other bulb crops as well. For example, raised bed system, furrow system and flat cultivation systems have different effects on bulb formation and yield. Afghanistan is one of the countries having good climatic condition for garlic production, and a big amount of usage for various aspects as well. So, this research has been conducted for high financial development of farmers in the country. [3], [4],[5],[6].

Material and methods. This experiment has been carried out at Nangarhar University, Faculty of Agriculture research station in 21/11/2017. The main purpose was to determine the best N rates and cultivation methods for high yield of garlic in Eastern region of Afghanistan. The experiment conducted as a factorial

which first factor was N different rates (60 kg N ha⁻¹, 100 kg N ha⁻¹, 140 kg N ha⁻¹) and second factor was cultivation systems (raised bed system, furrows system and flat cultivation system). The RCB design applied with 9 treatments and 3 replication. Animal fertilizer (FYM) and DAP were used for all plots in same condition and rates. In spite of those two times show done for weed control and 6 times irrigated up to harvest time.

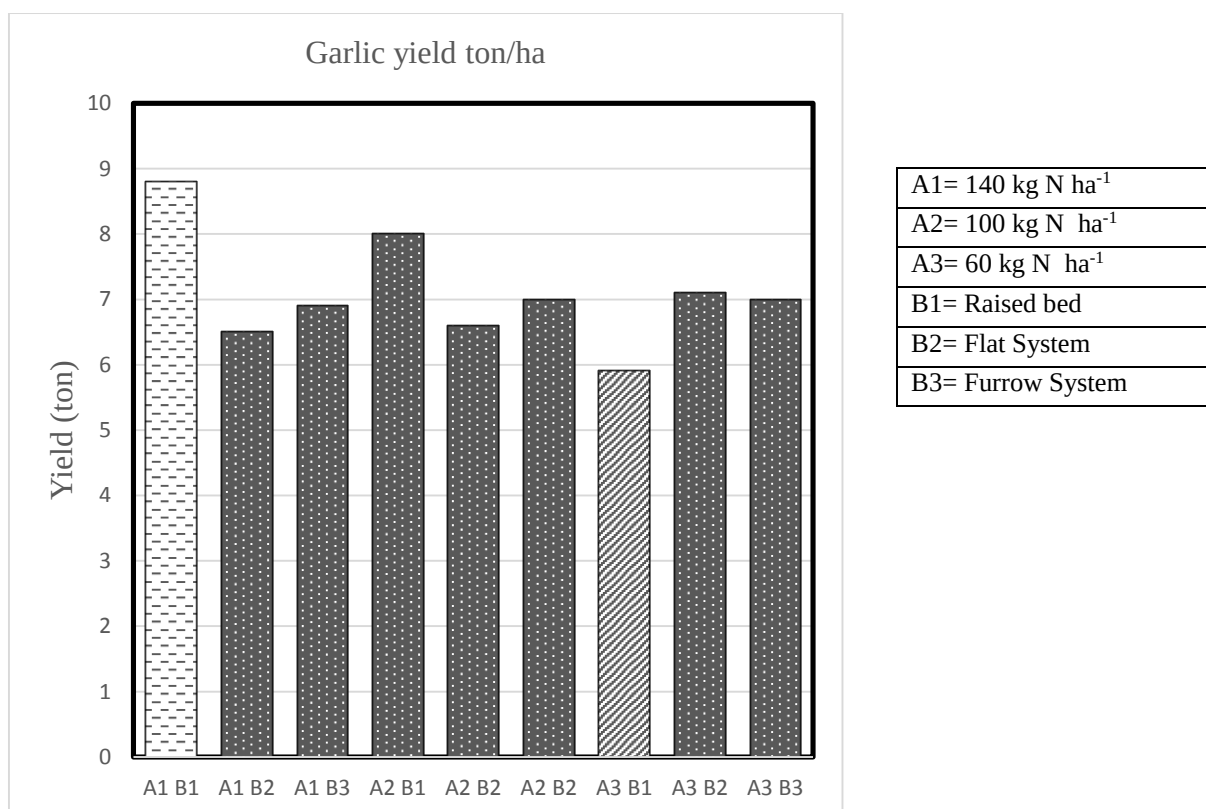
Result and discussion. The yield and yield contributing characters of garlic as effected by cultivation method and N application rate were presented as a: Among three rates of N and three cultivation methods, the 140 kg N ha⁻¹ with raised bed cultivation method has given 8.8 ton ha⁻¹ high yield (bulb) then other treatments. The interacted significance of both characters is shown in table 1.

Earlier researcher also established that sowing type has significant effect on most of growth parameters of bulb crops and amount of N directly contribute to yield (M.J. Kilgore, M.D. Magaji and A.I. Yakubu. 2007). The amount of 200 kg ha⁻¹ effects yield of garlic (Nuruka and R.S Dhaka, 2001). Which confessed our data shown in graph 1. Cultivation of raised bed rather than furrow and flat cultivation systems are much more cause to high yield in bulb crops (David Whiting and Carl Wilson, 2014)

Table 1. ANOVA table.

Source	df	SS	MS	Fc	Ft 1 %	Ft 5 %
Replication	2	0.290				
Factor A	2	0.654	0.327	1.472 ns	4.44	2.85
Factor B	2	0.747	0.373	1.680 ns	4.44	2.85
Interaction A x B	4	3.000	0.750	3.374 *	4.44	2.85
Error	16	3.556	0.222			
TOTAL	26	8.246				

Interaction A X B LSD= 0.823



Graph 1. Effects of different N rates and cultivation methods interaction, and yield differences.

Conclusion

Vegetable crops require nutrients in various quantities for growth and development; the nutrients might be naturally available from the soil or/ and atmosphere, while modern cultivation needs artificial supplementation of nutrients. On the other hand, best cultivation method also concern about plant nutrients competition among plants. The point of view of this research is application of 140 kg N ha⁻¹ with raised bed cultivation method can cause to high yield of garlic.

REFERENCES

- [1] I.S. Naruka & R.S. Dhaka. Effect of row spacing and nitrogen fertilization on growth, yield and composition of bulb in garlic (*Allium sativum* L.) cultivars. (2002).
- [2] H. R. G. Minard. Effect of clove size, spacing, fertilisers, and lime on yield and nutrient content of garlic (*Allium sativum*). (2012).
- [3] M.J. Kilgore, M.D. Magaji and A.I. Yakubu. Productivity of two garlic (*Allium sativum* L.) cultivars as affected by different levels of Nitrogenous and Phosphorous fertilizer in Sokoto, Nigeria. (2007)
- [4] D. Shiferaw. Effect of Nitrogen, Phosphorus, and Sulphur Fertilizers on Growth, Yield, and Economic Returns of Garlic (*Allium sativum* L.). (2015).
- [5] J.Z. Castellanos. Garlic Productivity and Profitability as Affected by seed Cloves Size, Planting Density and Planting Method. (2004).
- [6] Ali, A., H. Jahantighi, H. Rostami. (2004). Study on the yield of sweet, green and salad pepper cultivars in Sistan. Seed and Plant Impro. J. 20: 259-262.
- [7] Bhardwaj, D., M. W. Ansari, R. K. Sahoo, N. Tuteja 2014. Biofertilizers function as a key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance, and crop productivity. Microbial Cell Factories, 13:66.
- [8] Brady, N. C., R. R. Weil 2002. The nature and properties of soil. 13th Edition. Pearson Education Publication, New Delhi, India. 13: 881.
- [9] Sharma, R. R. 2015. Propagation of horticultural crops, Kalyani publisher, New Delhi, India.
- [10] Singh, A. P. 2004. Vegetable culture, A textbook, Kalyani Publishers, New Delhi, 110-002.

Мохаммад И., Шафикулла А. Тайфебулла З., Аскарбеков Э.

Тыңайтқыштар мен несепнәрдің сарымсақтың өсуі мен өнімділігіне әсерін зерттеу

Түйіндеме. Бұл зерттеу Ауғанстанның шығыс аймағында сарымсақ өсіретін фермерлер үшін сарымсақ өндірісін ең жақсы әдіспен өсіруін анықтауға бағытталған. Нангархар университетінде далалық эксперимент жүргізілді. 21/11/2017 - 07/05/2018 жылдарға арналған өсімдік және сарымсақ дақылдарын өндіретін несепнәр тыңайтқыштарын және өсіру әдістерін қолданудың әр түрлі көрсеткіштері үшін. 1 гектардан 60 кг, 1 гектарға 100 кг және 1 гектардан 140 кг-ды құрайтын үш мөлшерде несепнәрді тұтыну және төсеу әдісі қолданылды. Эксперимент 3 рет қайталануымен RCB дизайнында екі фактормен құрастырылды. Өңдеудің барлық үдерісінің нәтижесінде 1 гектарға 140 кг, жоғары қабатта өсіру әдісімен карбюраторлы тыңайтқыштың мөлшері 1 га жоғары кірістің 8,8 тоннасынан [1], [2] ерекшеленді.

Түйінді сөздер: сарымсақ, тыңайтқыштар, өсіру әдістері, өнімділік, азот.

Мохаммад И., Шафикулла А., Тайфебулла З., Аскарбеков Э.

Изучение влияния удобрений и методов выращивания мочевины на рост и урожайность чеснока

Резюме. Это исследование было проведено для определения наилучшего метода посадки чесночного производства для фермеров, выращивающих чеснок в Восточном регионе Афганистана. Полевой эксперимент был проведен в Университете Нангархар. По различным показателям применения удобрений мочевины и методов культивирования, которые произвели рост и урожай чеснока в течение 21/11/2017 по 07/05/2018. Употребление мочевины в трех нормах с использованием 60 кг на 1-га, 100 кг на 1-га и 140 кг 1-га и методов культивирования были подстилающим слоем, плоской системой борозды. Эксперимент был выстроен двумя факторами в конструкции RCB с 3 повторениями. В результате всего процесса обработки 140 кг на 1-га количество удобрений мочевины с методом культивирования с поднятым слоем имело значение, различное с 8,8 тоннами 1-га высоких выходов [1], [2].

Ключевые слова: чеснок, удобрения, методы выращивания, урожайность, азот.

УДК:608.2:62

B. Jankurazov, K. Jankurazov, D. Zhalelov, A. Jankurazov
(Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: dula_219@mail.ru)

FOOD SECURITY RESEARCH AND PECULIARITY OF AIR FILTRATION IN THE PROCESS OF GRAIN TESTING IN ELEVATORS

Abstract. On the basis of the analysis of the physicochemical and thermodynamic laws of grain masses, the causes of the development of physiology and biochemical processes that lead to the state of grain from the state of tranquility to active vital activity are considered, with its thickness increasing day by day, and the granular matrix adhesive is formed, and the air inside the air is limited by the surrounding the environment; a grain dump, as well as microorganisms releasing oxygen to separate various grains into an intermediate cavity, and an intermediate adhesion matrix is formed in these areas and air circulation in the air is limited; so the air pressure in the intermediate depressions in these areas is several times higher than the air pressure around the seeds around! Since the air used for ventilation does not replace the air of wheat. Here, wheat passes from calm to active life, it becomes hotter, breaks down; The effects of convection, diffusion and effusion in the experimental setup have been tested to reduce the food safety of the grain.

Key words: Grain storage, intermediate hollow (DAC), granular adhesive matrix (DAM), food safety, grain, active ventilation. energy value, malicious microflora.

Б.О. Джанкуразов, К.Б. Джанкуразов, Д.Б. Жалелов, А.К. Джанкуразов
(Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы,
E-mail: dula_219@mail.ru)

ЭЛЕВАТОРЛАРДАҒЫ АСТЫҚ ҮЙІНДІСІНДЕГІ ЖЕЛДЕТКЕН АУАНЫҢ СҮЗІЛҮ БАРЫСЫНДАҒЫ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ МЕН ТАҒАМ ҚАУІПСІЗДІГІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Астық массасы өзара қабатты структурасының қалыптасу себебінен орын алатын физико – химиялық, термодинамикалық заңдылықтарын талдау негізінде, астықтың тыныштық күйінен белсенді тіршілік әрекет ету күйіне өткізетін физиология және биохимиялық процесстердің даму себебтері қарастырылады; астықты уақытша сақтау қоймасына артқаннан кейін оның нығыздығы күннен күнге ұлғайып, дән аралық адгезиялық матрикс пайда болып, ішіндегі ауаның қоршаған орта ауасымен алмасуы шектеледі; астық үйіндісі, сонымен бірге микроорганизмдер оттегімен демалып әр түрлі газдарды дән аралық қуысқа бөліп шығарады да аталған учаскелерде дән аралық адгезиялық матрикстің пайда болып, ішіндегі ауаның қоршаған орта ауасымен алмасуы шектеледі; сол себептен аталған учаскелердегі дән аралық қуыстардағы ауа қысымы айнала-сында жатқан дәндердің арасындағы ауа қысымымен салыстырғанда бірнеше есе жоғары болады! Себебі желдетуге қолданған ауаның жолы тұрып қалған бидайдың ауасын алмастырмайды! Бұл жердегі бидай тыныштық күйден белсенді тіршілік күйіне өтеді де қызып, бұзылады; конвекция, диффузия және эффузия әсері зерттеліп астықтың тағамдық қауіпсіздігін төмендетуі көзбе-көз арнай эксперименталді қондырғылада атқарылған.

Түйінді сөздер: Астықты сақтау, дән аралық қуыс (ДАҚ), дән аралық адгезиялық матрикс (ДААМ), тағам қауіпсіздігі, дән, белсенді желдету. энергетикалық құндылық, зиянкесті микрофлоралар.

Астық агро – өнеркәсіптік комплексінің негізгі және өсімін молайтатын, бәсекеге қабілетті өнімі болып табылады және де ол Қазақстан Республикасының ішкі аймағы мен одан тыс жерлерде тұрақты төлем қабілетілігі бар сұранымға ие. Халық шаруашылығы саласында астық өндіру және оны тиімді игеру елдің азық-түлік қауіпсіздігін қамсыздандыруының негізі болып табылады. Сондай-ақ, астық мемлекеттің стратегиялық қоры болып табылғандықтан, оның сақталуын жоғарғы деңгейде қамтамасыз ету қажет.

Республикамызда жиналған астық өнімін өңдейтін, заманауи технология және техникамен жабдықталған элеваторлар жүйесі қалыптасқан. Алайда, осы заманауи астық қабылдау кәсіпорындарында астықты сақтау және элеваторларды қолдану әдісінің жеткіліксіз зерттелуіне байланысты астық қорының шығыны орын алады. Сондықтан, егін жинаудан кейінгі астық технологиясының тиімділігін арттыру және шығынын төмендету мақсатында, оны өңдеу және сақтаудың технологиялық әдісін жетілдіру қажет [1,2,3,4,5].

Жаңадан орып жиналған әрбір бидай дәнінің, астықтың энергетикалық құндылығы өте жоғары болады.

Төменде төменде негізгі тағамдық заттардың энергетикалық құндылық (ЭҚ) кестесі көрсетілген. 1 кесте. [5]

Дәнді дақылдардың энергетикалық құндылығы жоғары болғандықтан олар температура мен ылғалдығының флуктациясынан ферментативті жіктеледі және микрофлоралардың дамуына жол ашады!

Өрине астық үйіндісінде бұндай жағдай орын алса, осы дәнді- дақылдан алынған өнімдердің сапасымен, қауіпсіздігі төмендейді!

Бұл, трансмиссиялық жылудың астық үйіндісінің ішіне қарай өтпеген жағдайында, басталған экзотермиялық процестер дамып және, көршілес учаскелерді қамтып өздігінен қызу ошағының түзілуі мүмкін және оның тағамдық қауіпсіздігі күрт төмендейді! [2,3,4,5]

1-кесте. Тағамдық заттардың энергетикалық құндылық (ЭҚ) кестесі [3].

Зат	Жану жылуы, ккал/г	Ағзадағы тотығу процестері кезіндегі ЭҚ		Сіңіру коэффициенті
		Ккал/г	кДж/г	
Белок	5,65	4,00	16,7	0,71
Майлар	9,35	3,75	15,7	1,00
Сіңірілетін көмірсулар (гексозалар-крахмал және глюкоза)	3,75	3,75	15,7	1,00
Этил спирті	7,07	7,00	29,31	0,99

Элеваторларға алқаптан орылған астық автомобиль партияларының келіп түсуі нәтижесінде, ылғалды, арам-шөпті, массасы және температурасы әр партияға тән түрлі қабаттар үйіндісі қоймаларда қалыптасады.

Егер, құжатқа сай [1, 2, 3, 4, 5] ылғалдылығы 15,5%-ға дейінгі астықты бірге сақтауға және орналастыруға болатынын ескерсек, онда ылғалдылығы бойынша да әр түрлі қабаттар туындайды. Бұндай жағдайда астық массасының жылу-ылғал режимінің қалыптасуына температураның тәуелділік өзгеруі де әсер етеді. Мысалы: тал түсте қабылдаған бидайдың температурасы 25-30С, ал түн ортасындағы – 5-10С! Осындай температура айырмашылығынан сақталып жатқан астық үйіндісі тыныштық күйден белсенді әрекет ету күйіне өтуі туындайды.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Алға қойылған мақсаттарға сәйкес эксперименталды зерттеулер Қазақ Ұлттық Аграрлық Университеті, «Алейрон» ЖШС зертханаларында жүргізілді. [4]

СКС–3х144 типті масштабты силовық қоймаларындағы астықтың дән аралық қуыстарының флуктуациясы заңдылығын модельдеу экспериментальдық қондырғышта қабатымен артқанда, технологиялық сұраныстарымен аялдағанда, ағызғанда зерттедік. Зерттеу нысаны ретінде астық дақылдары: кең тараған бидай сұрыптары – жаңа жиналған «Северная звезда.тв» бидай сұрыпы таңдалды. Сонымен зерттеу барысында астық қоймасында ішкі тасымалдау кезінде қойма ішіндегі дәнді дақылдар тығыздығы өзгереді. Осы себептен, астықты белсенді желдеткен кезде ауа ағыны дәнді дақылдардың барлық үйінділеріне бірдей өтіп, салқындатпайды. Осыны зерттеуге сүйене отырып, өндірістік зерттеу жасадық. Астықтың ылғалдылығын экспресс ЦВС-3А, құрылғысымен дәлелденді. Олардың дәлдігі 1,0-2,5% аралығын құрайды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талдау. Астықты қабылдап қоймаларға артқанда, әр партияның өзіндік тығыздалу орны бар. Астық дайындау кәсіпорындарында қабылданатын партиялар саны қойманың сыйымдылығына қарай 10–нан–50– 60–қа дейін және одан да жоғары болуы мүмкін.

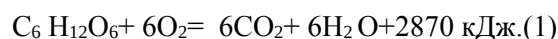
Дән аралық қуыстардың ауасында молынан микроорганизмдер ғана емес және оттегі де бар!

Микробтың дем алу деңгейі бидайға қарағанда 10000-100000 есе артық, бірдей салмақта салыстырып қарағанда. Осы себептен бидайдың қуыстарындағы жылу тез көтеріледі, яғни:

Арасындағы ауаның температурасы және ылғалдылығы көтеріледі;

Астық компоненттері оттегімен демалып, басқа да газдар (CO₂, H₂O,

C₂H₂, NH₃, H₂ т.б.) және жылу шығарады, теңдеу 1.



Бұл газдардың көлемі жіктелген, талданған бидайдың көлемінен жүздеген, мыңдаған есе жоғары. Себебі, 18г суды (0,018 л) буландырса оның ұстап тұратын көлемі 22,4л. Сонда қанша есе артты екен?

$$\frac{18\text{мл}}{22,4\text{л}} = \frac{1000\text{мл}}{x}; \quad x=1244,4 \text{ л} \quad (2)$$

Есептеуден көргеніміздей 18г суды буландысақ 1244,4л есе артады!

Мысалы, дән аралық қуыстың орташа көлемінің ең көбі 5-10мл. Онда 18г дәнге төгілген су (жаңбыр тамшысы, тамған су т.б.) мыңдаған есе (18кг-нан аса) көлемінде жатқан бидайдың жағдайын төмендетіп, бұзылуына әкеп соғады. Микробтар мыңдаған есе көбейеді, олардың демінің жылуы жүз мыңнан аса ретіне сәйкес дәннің арасына жайылып бидайдың қызуына жағдай туғызады.

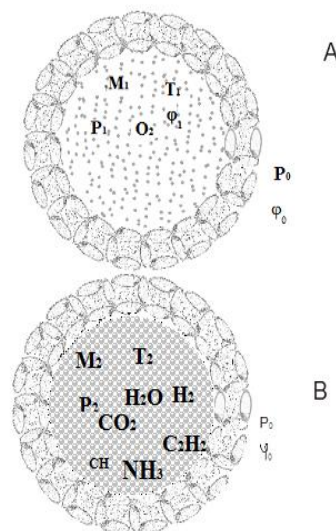
Уақытша сақтау қоймаларында астықты тиеу, ішкі тасмалдау және сақтау барысында оның қолайсыз жерлерінде тұрып қалу аумақтары түзіледі. Сонымен бірге аталған учаскелерде дән аралық адгезиялық матрикстің пайда болуынан ішіндегі ауаның қоршаған орта ауасымен алмасуы шектеледі! Сол себептен аталған учаскелердегі дән аралық қуыстардағы ауа қысымы айнала жатқан дәндердің арасындағы ауа қысымымен салыстырғанда бірнеше есе жоғары болады! Себебі желдетуге қолданған ауаның жолы тұрып қалған бидайдың ауасын алмастырмайды! Бұл жердегі бидай тыныштық күйден белсенді тіршілік күйіне өтеді де (1 теңдеу, 1- сурет) қызып, бұзылады. Ал енді желдетуге қолданған электр қуаты және іс-әрекеттеріміз зая кетеді!

Әр түрлі физикалық және физиологиялық процесстердің дамуынан ДАҚ да атмосфералық ауаның құрамы және қысымы өзгереді.

Төменгі А суретте: құрғақ бидайдың (ылғалдылығы -14%) дән аралық қуысының ауа құрамы көрсетілген (температурасы - T_1 , парциалды қысымы - P_1 , массасы - M_1 , салыстырмалы ылғалдылығы - φ_1 төменірек, оттегі - O_2 - 20,6%)

В суретте ылғалдылығы 17% болатын, физиологиялық процесстері дами бастаған бидайдың дән аралық қуыстарының құрамы көрсетілген. (температурасы - T_2 , парциалды қысымы - P_2 , массасы - M_2 , салыстырмалы ылғалдылығы - φ_2 , сутегі - H_2 , CO_2 , H_2O , C_2H_2 , NH_3) (1-сурет).

P_0 және φ_0 бастапқы ауадағы ылғалдың парциалды қысымы және оның салыстырмалы ылғалдылығы.



1-сурет. А-14% ылғалдылықтағы құрғақ бидайдың дән аралық қуысы.

В-17%-дан жоғары ылғалдылықтағы бұзылған бидайдың дән аралық қуысы.

T_1, T_2 -астық үйіндігеді тұрақты жатқан және қыза бастағант ДАҚ температурасы; $P_1 < P_2$ -ДАҚ арасындағы ылғалдың парциалдық қысымы; M_1, M_2 —ДАҚ-тағы ылғалды ауаның массасы.

1000 тонна құрғақ астықты сақтаған кезде, жылына, қоршаған орта мен дән — аралық қуыс атмосферасынан (6) теңдеуге сәйкес 6,7 литр оттегі сіңіріледі, ДАҚ-ке 0,648 л ылғал, 6,7 л көмірқышқылы және 1,7 кДж жылу бөлінеді екен. Бұл ауқымды жылу салмақ алмасу процесі астықтық (бидайды) аэробты тыныс алу экзотермиялық процесстеріне негізделген (1 теңдеу).

Осы себептен дән аралық қуыстағы ауаның қысымы көбейеді және БЖ кезінде мұндай аумақтағы бұл дән аралық қуыстағы ауа алмастырылмайды, температурасы төмендемей қала береді!

Бұл ретте 1 г/моль гексозаның (1 теңдеу), ферментативті ыдырауы кезінде 108 мл мөлшерде бөлінген және 2870 кДж жылу, жоғарыда аталған фазалық ауысу нәтижесінде гидролитивті процестердің дамуына, және де дәнде жүретін ферментативті және микробиологиялық процестердің белсенді барьер шамасының азаюына ықпал етеді. Осы себептен жылу ошақтың әсері іргелес, қабаттас жатқан астық үйіндісіндегі дәндерге жылуы мен ылғалын жайып бұзылуына әкеп соқтырады да, қоймадағы астықтың барлығы қыза бастайды! Жоғарыда көрсетілген схемалық суретте $T_1 < T_2$, $M_1 < M_2$, $P_1 < P_2$ болғанынан белсенді желдету кезінде ауаның сүзілуіне алдында айтылған жоғары ылғалдылықтағы бұзылған бидайдың дән аралық қуысы физиологиялық процестердің дамуынан ол аумақтарда салқын ауа сүзіп өтпейді, айналып осал жерлермен өтеді.

Осындай аумақтарда түбінде астық қыза бастап жылу ошағына айналады да тағамдық қауіпсіздігі төмендейді.

Сонымен бірге құрғақ астықта ылғал мен жылу минималды үлесте бөлінеді және процес ұзақ уақытқа созылады, аэробты тыныс алу нәтижесінде бөлінген ылғал мен жылу қуыста (кеңістікті) шоғырланып қалмайды, конвективті ағым мен диффузия арқылы, астық үйіндісінің аралас учаскелер арқылы атмосфераға өтеді, сондықтан астықтың сапасы төмендемейді [1,2,3,4,5].

Қорытынды.

1. Астықты уақытша сақтау қоймасына артқаннан кейін оның нығыздығы күннен күнге ұлғаяды да сонымен бірге аталған учаскелерде дән аралық адгезиялық матриктің пайда болып, ішіндегі ауаның қоршаған орта ауасымен алмасуы шектеледі!

2. Астық үйіндісі, сонымен бірге микроорганизмдер оттегімен демалып басқа да газдарды (CO_2 , H_2O , C_2H_2 , NH_3 , H_2) дән аралық қуысқа бөліп шығарады. Сонымен бірге аталған учаскелерде дән аралық адгезиялық матристің пайда болуып, ішіндегі ауаның қоршаған орта ауасымен алмасуы шектеледі! Сол себептен аталған учаскелердегі дән аралық қуыстардағы ауа қысымы айналасында жатқан дәндердің арасындағы ауа қысымымен салыстырғанда бірнеше есе жоғары болады! Себебі желдетуге қолданған ауаның жолы тұрып қалған бидайдың ауасын алмастырмайды! Бұл жердегі бидай тыныштық күйден белсенді тіршілік күйіне өтеді де қызып, бұзылады.

Есептеуден көрсеткендей 18г суды буландысақ оның көлемі 1244,4л есе артады да көршілес учаскелерге конвекция, диффузия және эффузия арқылы тасмалданып, шық түрінде қонады! Осы себептен дәндегі, микроорганизмдер дамып, афлотоксиндерді бөледі де астықтың тағамдық қауіпсіздігін төмендетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Трисвятский Л.А. Хранение зерна. – М.: Колос, 1980-250с.
- [2] Правила организации и ведения технологического процесса на элеваторах и хлебоприемных предприятиях Министерства Заготовок ССР. Москва 1984. стр. 124.
- [3] Егоров Г.А. Управление технологическими свойствами зерна: - ИК МГУПП, Москва, 2005. – 292 с.
- [4] Джанкуразов Б.О., Джанкуразов К.Б Қазақстанның алтын дәнін сақтау. Алматы:-Алейрон, 2016 -168 б.
- [5] Покровский А.А Химический состав пищевых продуктов. Москва-Пищевая промышленность, 1976 . - С-228.
- [6] Джанкуразов Б.О., Джанкуразов К.Б., Алдабергенова А. Технологические и термодинамические аспекты безопасного хранения зерна и маслосемян. // Пищевая технология и сервис. – 2009. - № 1. - С. 24-25.
- [7] Азаров В.М. Технологическая линия для обработки зерна .В кн.: Механизация сельскохозяйственного производства. -Барнаул: Алтайское книжное изд-во, 1974. с. 8-16.
- [8] Трисвятский Л.А. Микроорганизмы зерна и муки. М.: Заготиздат, 1941. - 172 с.
- [9] Трисвятский Л.А. Роль микроорганизмов в самосогревании зерна. М.: Заготиздат, 1940. - 38 с. Трисвятский Л.А. Хранение зерна. - М.: Заготиздат, 1944. - 90 с.
- [10] Тугаринов В.В. Холодная сушка зерна. М.: Госторгиздат, 1938, - 70 с.
- [11] Тугаринов В.В. О самосогревании зерна. Мукомолье и элеваторно-складское хозяйство, 1939, \$ 10, с. 31-33. Устройство для оценки зерна по отделимым примесям /Аль-терман А.Э., Жиганков Б.В., Зайцев В.П. и др. - Труды ВНИИЗ, 1979, вып. 91, с. 24-34.
- [12] Правила по организации и ведению технологического процесса на элеваторах. М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1972. -49 с.
- [13] Правила организации и ведения технологического процесса на крупяных предприятиях. М.: ЦНИИТЭИ Минзага СССР, 1981. - 143 с.

Джанкуразов Б.О., Джанкуразов К.Б., Жалелов Д.Б., Джанкуразов А.К.

Исследование пищевой безопасности и особенности фильтрации воздуха в процессе проветривания зерна в элеваторах

Резюме. На основе анализа физико-химических и термодинамических законов зерновых масс рассматриваются причины развития физиологии и биохимических процессов, приводящих к состоянию зерна из состояния спокойствия в активную жизнедеятельность, причем его толщина увеличивается изо дня в день и зернистый клей матрица формируется, и воздух внутри воздуха ограничен окружающей средой; зерновой отвал, а также микроорганизмы, высвобождающие кислород для отделения различных зерен в промежуточную полость, и промежуточная матрица адгезии образуется на этих участках и циркуляция воздуха в воздухе ограничена; поэтому давление воздуха в промежуточных углублениях в этих областях в несколько раз выше, чем давление воздуха вокруг семян вокруг! Поскольку воздух, используемый для вентиляции, не заменяет воздух пшеницы. Здесь пшеница переходит от спокойной к активной жизни, становится горячее, ломается; Эффекты конвекции, диффузии и выпота на экспериментальной установке были протестированы для снижения пищевой безопасности зерна.

Ключевые слова: Хранение зерна, зернистая клейкая матрица (ЗАМ), безопасность пищевых продуктов, зерно, активная вентиляция. энергетическая ценность, злонамеренная микрофлора.

B. Jankurazov, K. Jankurazov, D. Zhalelov, A. Jankurazov

Food security research and peculiarity of air filtration in the process of grain testing in elevators

Summary. On the basis of the analysis of the physicochemical and thermodynamic laws of grain masses, the causes of the development of physiology and biochemical processes that lead to the state of grain from the state of tranquility to active vital activity are considered, with its thickness increasing day by day, and the granular matrix adhesive is formed, and the air inside the air is limited by the surrounding the environment; a grain dump, as well as microorganisms releasing oxygen to separate various grains into an intermediate cavity, and an intermediate adhesion matrix is formed in these areas and air circulation in the air is limited; so the air pressure in the intermediate depressions in these areas is several times higher than the air pressure around the seeds around! Since the air used for ventilation does not replace the air of wheat. Here, wheat passes from calm to active life, it becomes hotter, breaks down; The effects of convection, diffusion and effusion in the experimental setup have been tested to reduce the food safety of the grain.

Key words: Grain storage, intermediate hollow (DAC), granular adhesive matrix (DAM), food safety, grain, active ventilation. energy value, malicious microflora.

УДК 539.23:621.793

B.Zh. Nurakhmet, Zh.K. Kalkozova, Kh.A. Abdullin

(Al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan, e-mail: baha_nur92@mail.ru)

THE PROCESS OPTIMIZATION OF PRODUCING ZnO THIN FILMS BY A HYDROTHERMAL METHOD

Abstract. A simple and low-cost hydrothermal method, which does not require complicated equipment, synthesized thin films and arrays of ZnO nanorods with the necessary morphology. It is shown that the introduction of necessary amounts of certain metal salts (aluminum chloride, copper nitrate, sodium nitrate) into the growth solution is an effective tool for controlling the morphology of the synthesized layers. The application of doping of the growth solution allows one to obtain, for the same time, the synthesis of the film from a solution with a concentration of zinc, an order of magnitude lower than without doping.

Key words: hydrothermal method, synthesis, zinc oxide, thin films, nanorods.

Б.Ж. Нурахмет, Ж.К. Калкозова, Х.А. Абдуллин

(КазНУ им. аль-Фараби МОН РК, Алматы, Казахстан)

E-mail: baha_nur92@mail.ru)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК ZnO ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМ МЕТОДОМ

Аннотация. Простым и низкзатратным гидротермальным методом, не требующим сложного оборудования, синтезированы тонкие пленки и массивы наностержней ZnO с необходимой морфологией. Показано, что введение в ростовой раствор необходимых количеств некоторых солей металлов (хлорид алюминия, нитрат меди, нитрат натрия) является эффективным инструментом управления морфологией синтезированных слоев. Применение легирования ростового раствора позволяет получать за то же время синтеза пленки из раствора с концентрацией по цинку, на порядок ниже, чем без легирования.

Ключевые слова: гидротермальный метод, синтез, оксид цинка, тонкие пленки, наностержни.

Введение

Гидротермальный метод является простым методом для получения тонких пленок и массивов наностержней ZnO на различных подложках, является низкочастотным методом, не требует сложного оборудования, больших времен синтеза, может применяться для синтеза пленок на подложках большой площади с получением однородных и прозрачных слоев ZnO. Пленки и прозрачные слои ZnO имеют перспективы практического применения для создания солнечных элементов, биодетекторов, газовых датчиков и др. [1-6]. Также композиты на основе ZnO применяются для создания каталитически активных материалов [7], ультрафиолетовых детекторов [8], полупроводниковых структур, для медицинских имплантов и др. [9-11]. Поскольку пленки ZnO находят применения в разнообразных задачах, важной задачей является разработка режимов гидротермального синтеза [12] для получения пленок ZnO. Такие пленки могут быть использованы в качестве проводящих и прозрачных слоев, как чувствительный слой детекторов и т.п.

Экспериментальная часть

Затравочный слой оксида цинка осаждался на подложке, в качестве которых были использованы стеклянные слайды и полированные пластины кремния полупроводникового качества. Перед проведением синтеза подложки тщательно очищались и обезжиривались, и создавалась гидрофильная поверхность обработкой в растворе воды, перекиси водорода (H_2O_2 , 35%) и гидроксида аммония NH_4OH (25%) в соотношении 4:1:1.

Золь для создания затравочного слоя ZnO получался путём приготовления раствора ацетата цинка $Zn(CH_3COO)_2$ в этаноле. Золь наносился на подложки, сушился и отжигался при $400^\circ C$. Раствор для гидротермального синтеза состоял из равных молярных количеств нитрата цинка $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ и уротропина $C_6H_{12}N_4$ в деионизованной (18.2 МОм) воде. Для легирования в рабочий раствор добавлялась борная кислота H_3BO_3 или хлорид алюминия $AlCl_3 \cdot 6H_2O$. Гидротермальный синтез проводился при температуре до $95^\circ C$ на магнитной мешалке с подогревом, в стеклянном стакане, помещенном в водяную баню.

Результаты и обсуждение

Определена зависимость морфологии и толщины пленок от технологических условий синтеза. При концентрации рабочего раствора 200 мМ и выше за время синтеза час образуются сплошные достаточно толстые пленки. Как видно из рисунков 1 и 2, при концентрации ростового раствора 300 мМ за 1 час были получены пленки толщиной 1.87 мкм, а за 2 ч синтеза – пленки толщиной 2.5 мкм.

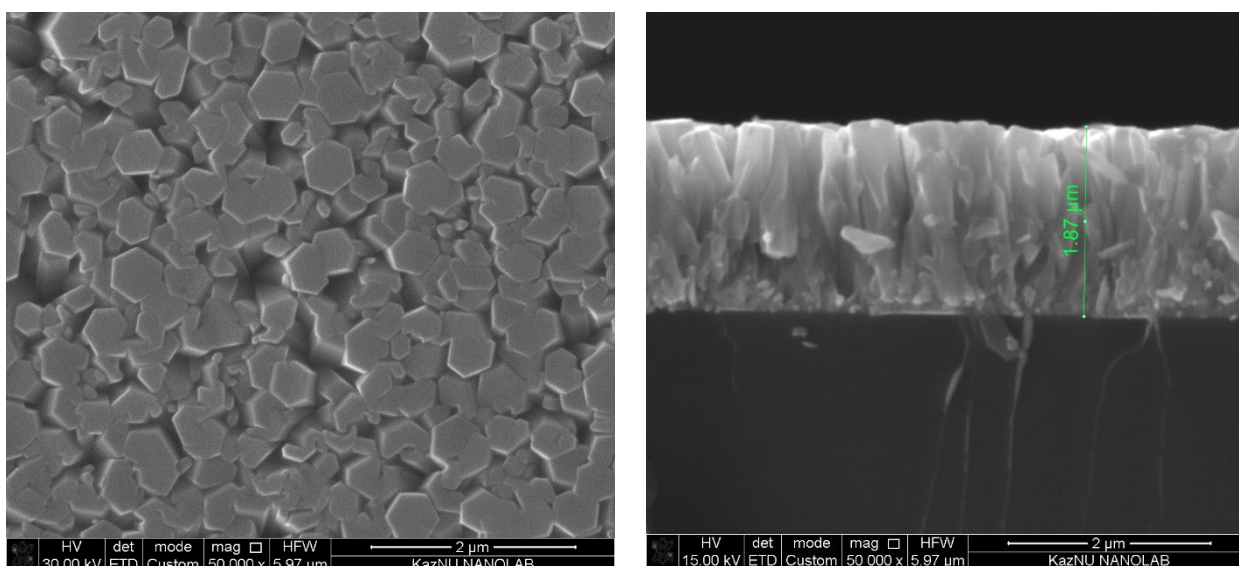


Рис. 1. SEM снимок поверхности и поперечного скола образца ZnO, выращенного в растворе 300 мМ в течение 1 часа при температуре $95^\circ C$.

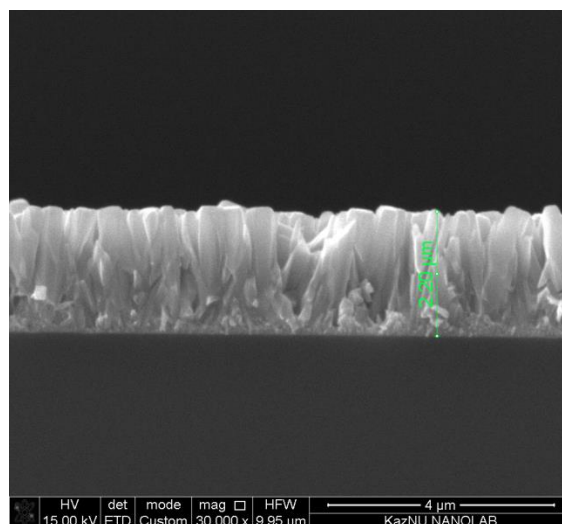
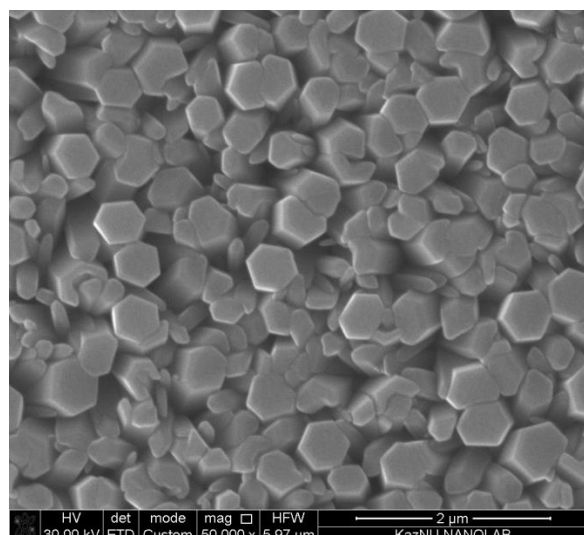


Рис. 2. SEM снимок поверхности и поперечного скола образца ZnO, выращенного в растворе 300 мМ в течение 2 ч при температуре 95°C.

Внесение в раствор дополнительных к нитрату цинка солей (легирование во время гидротермального синтеза) приводит к существенному изменению морфологии растущих структур оксида цинка. Например, введение в раствор 0.3 М хлорида алюминия AlCl_3 в количестве 2 ат.% приводит к формированию плотных пленок. Их толщина несколько меньше, чем при росте из нелегированного раствора, по-видимому, из-за того, что введенные в раствор примеси замедляют рост, но одновременно этот же эффект приводит к формированию плотных пленок (рис. 3 и 4). Можно сделать вывод, что в этом случае рост вдоль направления (002) замедляется по сравнению с синтезом в нелегированном растворе.

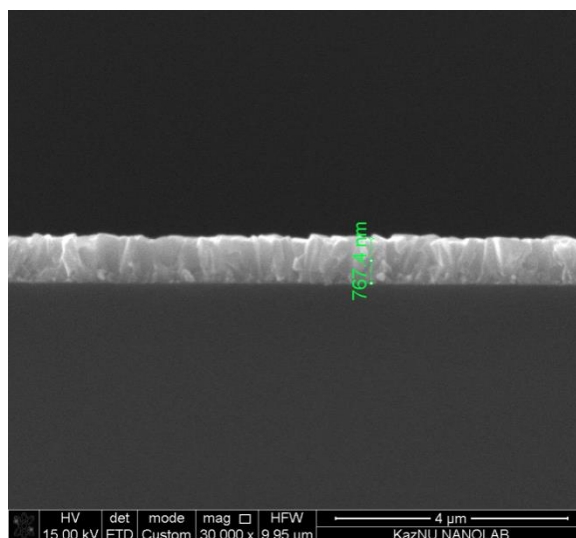
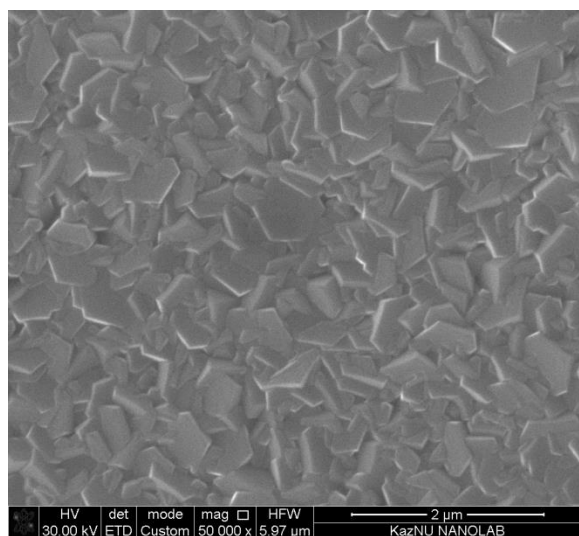


Рис. 3. SEM снимок поверхности и поперечного скола образца ZnO, выращенного в растворе 300 мМ с добавлением 2 ат. % AlCl_3 в течение 1 часа при температуре 95°C.

Электрические параметры образцов ZnO, полученных гидротермальным методом, после активирующего отжига в вакууме составляли: концентрация носителей $n \sim 1 \times 10^{18} \text{ см}^{-3}$, подвижность $\mu \sim 20 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, удельное сопротивление $\rho \sim 0.1 \text{ Ом} \cdot \text{см}$ в нелегированных образцах. В образцах, легированных алюминием, электрические параметры были соответственно $n \sim 1 \times 10^{19} \text{ см}^{-3}$, $\mu \sim 40 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, удельное сопротивление $\rho \sim 0.01 \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

Интенсивность фотолуминесценции (ФЛ) пленок ZnO, полученных гидротермальным методом, была невысокой сразу после синтеза. Интенсивность полосы межзонной ФЛ была ниже, чем интенсивность примесной ФЛ, однако после кратковременной обработки в водородной плазме интенсивность межзонной ФЛ росла в 10-100 раз, а примесная полоса почти полностью исчезала.

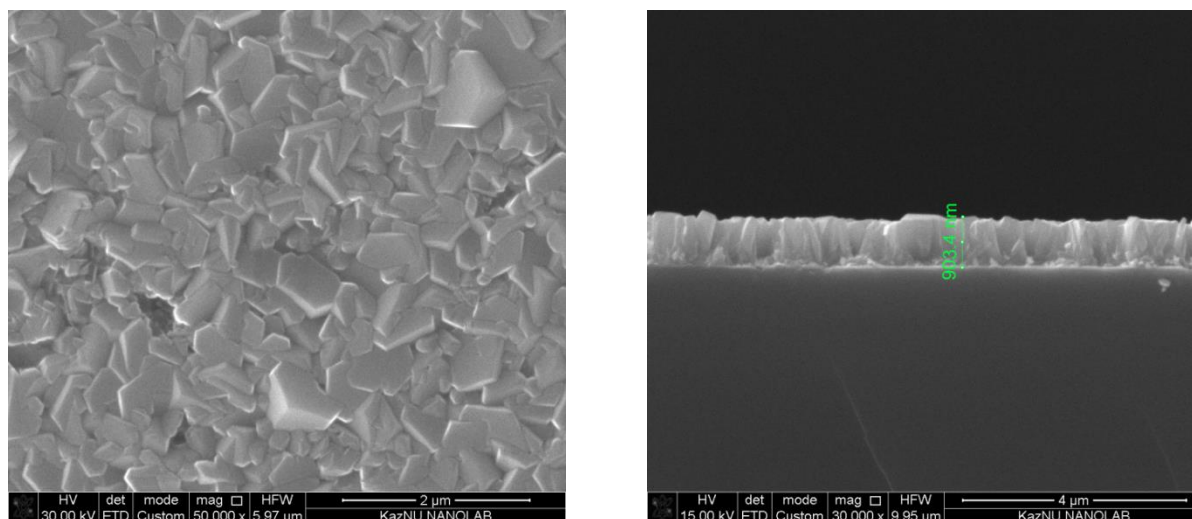


Рис. 4. SEM снимок поверхности и поперечного среза образца ZnO, выращенного в растворе 300 мМ с добавлением 2 ат. % AlCl_3 в течение 2 часов при температуре 95°C .

Коэффициент пропускания света пленок ZnO, полученных гидротермальным методом и легированных бором и алюминием, в видимом диапазоне определялся по оптическим спектрам в диапазоне 300-800 нм. В спектрах пропускания и поглощения наблюдаются интерференционные колебания, что говорит о высокой однородности пленок. Пленки имели коэффициент пропускания света более 90% в видимой области.

Значительное изменение морфологии структур ZnO, синтезированных гидротермальным методом, обнаружено при легировании медью путем введения в ростовой раствор нитрата меди $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$. На рис. 5 показана морфология массива наностержней при росте из раствора с концентрацией 10 мМ по нитрату цинка. В обычных условиях такой синтез приводит к формированию наностержней диаметром ~40 нм. При добавлении в раствор всего 1 мМ нитрата меди получены наностержни с поперечными размерами более 120 нм и длиной 1500 нм.

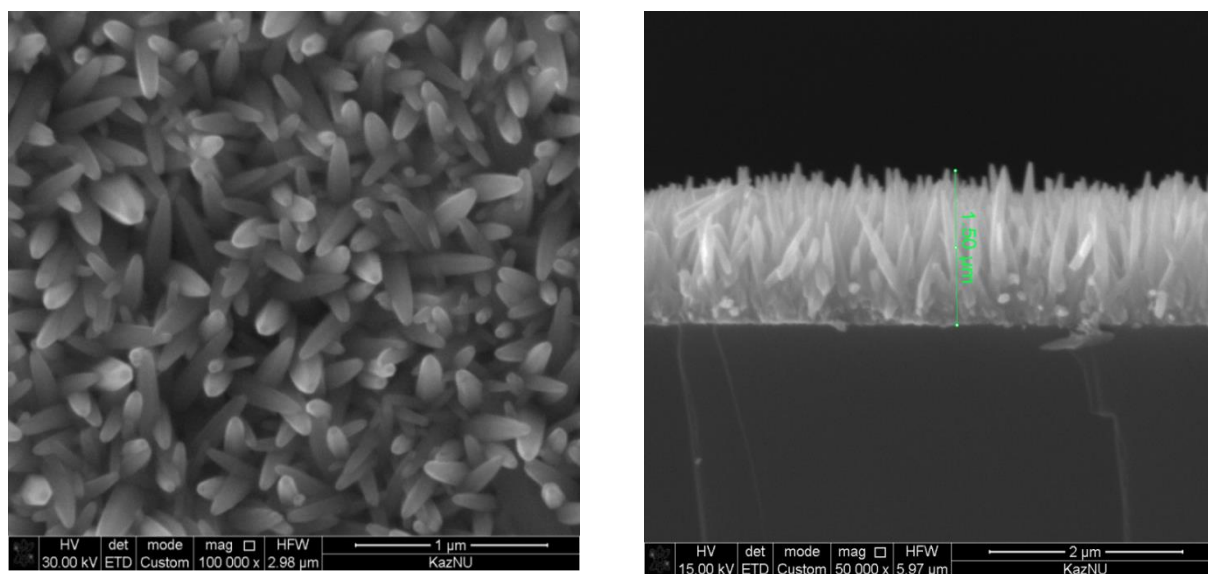


Рис. 5. Массивы наностержней, полученных из раствора 10 мМ при добавлении в раствор 1 мМ нитрата меди, время синтеза час, температура 95°C .

Из раствора 50 мМ, из которого за 1 час синтеза получают массивы наностержней со средним диаметром 60 нм и длиной 1000 нм, при добавлении 1 мМ нитрата меди получены стержни с диаметром в пределах 150-175 нм, длина стержней 2.54 мкм, стержни смыкаются, образуя пленку толщиной более 2 мкм.

Обнаружено, что сильное влияние на морфологию синтезируемых слоев оказывает также добавление нитрата натрия. Скорость роста из раствора 50 мМ при добавлении 3 ат. % нитрата натрия значительно повышается. При температуре синтеза 95°C, продолжительностью час, выращена пленка толщиной около 2 мкм, только верхняя часть стержней не сомкнулась в сплошную пленку. Диаметр верхней части стержней около 300 нм, их длина 2.35 мкм. Таким образом, добавление в раствор нитрата натрия в количестве 3 ат.%. значительно увеличивает скорость синтеза.

Выводы

Гидротермальным методом синтезированы массивы наностержней и тонкие пленки на кремниевых и стеклянных подложках. Показано, что эффективным инструментом изменения морфологии синтезированных слоев является добавление в ростовой раствор небольшого количества солей металлов, таких, как хлорида алюминия, нитрата меди, нитрата натрия. Применение легирования ростового раствора позволяет получать пленки из раствора с концентрацией по цинку 15-25 мМ, тогда как без легирования за то же время синтеза пленки получаются при концентрации 300 мМ.

Работа выполнена при поддержке гранта МОН РК #AP05130100.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] 1 Shuang Qiao, Jihong Liu, Guangsheng Fu, Kailiang Ren, Zhiqiang Li, Shufang Wang, Caofeng Pan. ZnO nanowire based CIGS solar cell and its efficiency enhancement by the piezo-phototronic effect // Nano Energy. –2018. – Vol.49. –P.508-514.
- [2] Rama Krishna Chava, Misook Kang. Improving the photovoltaic conversion efficiency of ZnO based dye sensitized solar cells by indium doping // Journal of Alloys and Compounds. –2017. –Vol.692. –P.67-76.
- [3] Mohamed Ghazi Al-Fandi, Nid'aHamdanAlshraiedeh, Rami Joseph Oweis, Rawan Hassan Hayajneh, Iman Riyadh Alhamdan, Rama Adel Alabed, Omar Farhan Al-Rawi. Direct electrochemical bacterial sensor using ZnO nanorods disposable electrode // Sensor Review. -2018. –Vol.38, Issue 3. –P.326-334.
- [4] Nandhinee R Shanmugam, Sriram Muthukumar, Shalini Prasad. A review on ZnO-based electrical biosensors for cardiac biomarker detection // Future Sci OA. –2017. –Vol.3, No.4. –P. 1-15.
- [5] Richa Khokhra, Bandna Bharti, Heung-No Lee, Rajesh Kumar. Visible and UV photo-detection in ZnO nanostructured thin films via simple tuning of solution method // Scientific Reports. –2017. –Vol. 7. –P. 1-14.
- [6] Mohit Kumar, Vijendra Singh Bhati, Sapana Ranwa, Jitendra Singh, Mahesh Kumar. Pd/ZnO nanorods based sensor for highly selective detection of extremely low concentration hydrogen // Scientific Reports. -2017. –Vol.7, No. 236. –P. 1-9.
- [7] 7. E. Mendoza-Mendoza, A.G. Nuñez-Briones, L.A. García-Cerda, R.D. Peralta-Rodríguez, A.J. Montes-Luna. One-step synthesis of ZnO and Ag/ZnO heterostructures and their photocatalytic activity // Ceramics International, Volume 44, Issue 6, 15 April 2018, Pages 6176-6180
- [8] 8. Vijay S. Rana, Jeevitesh K. Rajput, Trilok K. Pathak, L.P. Purohit. Multilayer MgZnO/ZnO thin films for UV photodetectors// Journal of Alloys and Compounds, Available online 14 June 2018
- [9] 9. Yu Yan, Wei Mi, Jinshi Zhao, Zhengchun Yang, Kailiang Zhang, Chongbiao Luan/ Study of the metal-semiconductor contact to ZnO films// Vacuum, Volume 155, September 2018, Pages 210-213
- [10] 10. Puqi Jia, Hongwei Tan, Kuiren Liu, Wei Gao/ Synthesis, characterization and photocatalytic property of novel ZnO/bone char composite// Materials Research Bulletin, Volume 102, June 2018, Pages 45-50
- [11] 11. Jinpeng Lv, Meihua Fang/ Photoluminescence study of interstitial oxygen defects in ZnO nanostructures// Materials Letters, Volume 218, 1 May 2018, Pages 18-21
- [12] 12. Suchada Worasawat, Tomoaki Masuzawa, Yoshinori Hatanaka, Yoichiro Neo, Hidenori Mimura, Wisanu Pecharapa/ Synthesis and characterization of ZnO nanorods by hydrothermal method// Materials Today: Proceedings, Volume 5, Issue 5, Part 1, 2018, Pages 10964-10969

Нурахмет Б.Ж., Калкозова Ж.К., Абдуллин Х.А.

Гидротермалды әдіспен жұқа ZnO пленкаларын алу процестерін оптимизациялау

Түйіндеме. Күрделі құрылғыны қажет етпейтін, қарапайым және аз шығынды гидротермалды әдіспен, ZnO наностержендерінің массиві мен жұқа пленкалары қажетті морфологияда синтезделді. Өсу ерітіндісіне металл тұздарының керекті мөлшерін қосу (алюминий хлориді, мыс нитраты, натрий нитраты) синтезделген кабыршақтардың морфологиясын басқарудың эффективті құралы екендігі көрсетілген. Өсу ерітіндісінде легирлеуді қолдану цинк концентрациясының аз мөлшерінде де бірдей синтез уақытында пленкалардың өсуіне мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: гидротермалды әдіс, синтез, мырыш оксиді, жұқа пленкалар, нанобіліктер.

Nurakhmet B.Zh., Abdullin Kh.A., Kalkozova Zh.K.

The process of optimization of producing zno thin films by a hydrothermal method

Summary. A simple and low-cost hydrothermal method, which does not require complicated equipment, synthesized thin films and arrays of ZnO nanorods with the necessary morphology. It is shown that the introduction of necessary amounts of certain metal salts (aluminum chloride, copper nitrate, sodium nitrate) into the growth solution is an effective tool for controlling the morphology of the synthesized layers. The application of doping of the growth solution allows one to obtain, for the same time, the synthesis of the film from a solution with a concentration of zinc, an order of magnitude lower than without doping.

Key words: hydrothermal method, synthesis, zinc oxide, thin films, nanorods.

УДК 669.35.074.669.539.5

S.A. Mashekov¹, L.R. Kiyanbekova², A. S. Masheкова³, E.A. Tusupkaliyeva¹,

(¹Satbayev University (mashekov.1957@mail.ru), ²Kyrgyz state technical university named by I.Razzakov,

³National research technological university «MIS&S» ms.masheкова@mail.ru)

**INFLUENCE OF NITRATED COATING ON TRIBOTECHNICAL PROPERTIES
OF THE STAMPING TOOL**

Abstract. The article presents data on the comparative behavior of the tribological characteristics of steels 20H, 40H, H12F and H12MF. It is shown that the hardening of the surface of steel samples by plasma technology makes it possible to increase the hardness and the extent of the nitrided layer of tool and structural alloy steels. It has been established that nitriding in a glow discharge with application of rational process parameters leads to a decrease in the friction coefficient and increase in wear resistance of 20H, 40H, H12F and H12MF steels.

It is shown that the rational parameters of the nitriding process in a glow discharge ($T = 520^\circ \text{C}$, vacuum pressure (reactive atmosphere) $p = 150 \text{ Pa}$, time $t = 15$ hours, composition of the reaction atmosphere: a mixture consisting of 90% N_2 , 5% Ar and 5% H_2 , gaseous flow rate: $900 \text{ ml / min N}_2 + 50 \text{ ml / min Ar} + 50 \text{ ml / min H}_2$) favor the formation of Fe_3N and Fe_4N nitrides. The paper proves that the proposed rational parameter of the nitriding process can be applied in industry. This is due to the wide use of steel 20H, 40H, H12Ф and H12MF in the industry for the manufacture of critical parts and mechanisms operating under conditions of high loads, temperatures and corrosive environments.

Key words: nitridation in a glow discharge, coefficient of friction, frictional force, temperature, nitrides, tribological properties, dies, wear resistance.

С.А. Машеков¹, Л.Р.Киянбекова², А.С. Машекова³, Э.А.Тусупкалиева¹

(¹Satbayev University (mashekov.1957@mail.ru),

²Киргизский государственный технический университет имени И.Раззакова,

³Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» ms.masheкова@mail.ru)

**ВЛИЯНИЕ АЗОТИРОВАННОГО ПОКРЫТИЯ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ**

Аннотация. В статье представлены данные по сравнительному поведению трибологических характеристик сталей 20Х, 40Х, Х12Ф и Х12МФ. Показано, что упрочнение поверхности стальных образцов методом плазменной технологией позволяет увеличить твердость и протяженность азотированного слоя инструментальной и конструкционной легированных сталей. Установлено, что азотирование в тлеющем разряде с применением рациональных параметров процесса приводит к уменьшению коэффициента трения и увеличению износостойкости сталей 20Х, 40Х, Х12Ф и Х12МФ. Показано, что рациональные параметры процесса азотирования в тлеющем разряде ($T = 520^\circ \text{C}$, вакуумное давление (реактивная атмосфера) $p = 150 \text{ Па}$, время $t = 15 \text{ ч}$, состав реакционной атмосферы : смесь, состоящая из 90% N_2 , 5% Ar и 5% H_2 , скорость потока газообразных сред: $900 \text{ мл/мин N}_2 + 50 \text{ мл/мин Ar} + 50 \text{ мл/мин H}_2$) благоприятствуют образованию нитридов Fe_3N и Fe_4N . В работе доказано, что предложенный рациональный параметр процесса азотирования можно применить в промышленности. Это связано с широким использованием стали 20Х, 40Х, Х12Ф и Х12МФ в промышленности для изготовления ответственных деталей и механизмов, работающих в условия высоких нагрузок, температур и агрессивных сред.

Ключевые слова: азотирование в тлеющем разряде, коэффициент трения, сила трения, температура, нитриды, трибологические свойства, штампы, износостойкость.

Введение

В машиностроительном производстве на стадии изготовления полуфабрикатов и деталей резко повысилась роль процессов обработки металлов давлением [1]. На сегодняшний день стоимость штамповой оснастки равняется 8...20 % себестоимости поковок. При этом стоимость инструмента взаимосвязана с формой заготовки, объемом выпуска, маркой стали и др. Производственные данные показывают, что выход штампового инструмента из-за поломки составляет ~ 30 %, износа – 18 %, неправильного выбора стали для штампов – 11 %, от нарушения режима термообработки – 6 %. Следует отметить, что ухудшение режимов эксплуатации инструментальной оснастки, связанное с увеличением объема производства штампованного изделия, а следовательно, возрастание энергосиловых параметров, скоростей и степени деформации, температур и других параметров штамповки приводит к уменьшению сроков службы прессовой оснастки из-за низкой износостойкости металлов.

Проблема улучшения стойкости штамповой оснастки является крайне сложной задачей [2]. Условие трения и износа деформирующих элементов штампов является очень своеобразным и имеет отличие от трения деталей машин. Сила трения при штамповке зависит от усилия деформирования, физико-механических свойств пуансонов и матриц и способности изнашивания обрабатываемого материала. Обычно, усилия штамповки и способность изнашиванию штампуемого материала сильно зависят от условия производства. И только путем изменения физико-механических свойств пуансонов и матриц можно управлять стойкостью штампа в определенном диапазоне. Вместе с тем, из-за дефицита вольфрама, молибдена, тантала и других легирующих элементов, увеличение стойкости рабочих частей штамповой оснастки путем замены инструментальных сталей на быстрорежущие и инструментальные стали очень технико-экономически не выгодно.

По мнению авторов [1], повысить износостойкость штамповой оснастки можно следующими двумя способами. Первое – изготовление штампов с высокой твердостью, теплостойкостью, а также с хорошими механическими и триботехническими характеристиками по всему объему штампа, второе – только в поверхностном слое. Видимо, изготовление штампа, значительно превосходящих по триботехническим характеристикам существующие штампы, может существенно повысить износостойкость штамповой оснастки. Однако увеличение прочностных характеристик и твердости штампов приводит к резкому уменьшению показателей пластичности, а это может привести к хрупкому разрушению.

При втором способе износостойкость штамповой оснастки увеличивается путем создания на небольшой глубине поверхности инструмента структуры с высокой твердостью, прочностью и другими характеристиками [2]. Авторы [2] считают, что данный способ является более перспективным с точки зрения трибологии, так как не требует высокой прочности структуры стали по всему объему штамповой оснастки. В некоторых случаях увеличение поверхностной твердости штампов оказывает значительное влияние на их износостойкость.

Таким образом [1], многие рабочие параметры штамповой оснастки в основном зависят от состояния поверхностного слоя металла, из которого оно изготовлено. Экономически оправдывает себя нанесение покрытия при изготовлении штамповой оснастки, обеспечивающее нужные комплексные свойства. Сегодня, для нанесения таких покрытий применяют различные виды вакуумных установок («Булат», «Плазменный котел», «АНГА-1», «ННД», «ИЭТ» и др). Данное оборудование отличается числом и местоположением катодных узлов, размером вакуумных камер, силовыми энергетическими характеристиками и средствами нагрева подложек, а также способами осаждения (вакуумно-дуговое [2], ионно-плазменное [3,4], конденсация с ионной бомбардировкой [5], магнетронное распыление [6], ВЧ-разряд [7]). В связи с вышесказанным актуальным является изучение структуры и триботехнические свойства покрытий, скомплектованных рациональными режимами в различных установках.

Целью настоящей работы является повышение триботехнических свойств поверхностей штамповой оснастки.

Материалы и методика эксперимента

Исследование проводили на образцах, изготовленных из инструментальной стали X12МФ и X12Ф, а также конструкционной легированной стали 40Х и 20Х. Стали X12МФ и X12Ф применяются для изготовления формоизменяющих частей оснастки листовой штамповки, а стали 20Х и 40Х – для изготовления прочных деталей в различных отраслях машиностроения. Это связано с необходимостью оценки возможности альтернативной замены сталей X12МФ и X12Ф поверхностно-упрочненными сталями 20Х и 40Х при изготовлении формоизменяющих деталей штамповой оснастки обработки металлов давлением. Для изучения триботехнических свойств из заготовки вырезали модельные образцы размером 50×20×4 мм. Испытуемые образцы сначала шлифовали, а потом полировали на алмазных

пастах до зеркального блеска. Перед загрузкой в камеру для азотирования модельные образцы были промыты в бензине, затем в ацетоне и высушены на воздухе. Азотирования в тлеющем разряде проводили в устройстве азотирования типа JON-600, используя следующие параметры процесса: температура $T = 520\text{ }^{\circ}\text{C}$, вакуумное давление (реактивная атмосфера) $p = 150\text{ Па}$, время $t = 15\text{ ч}$, состав реакционной атмосферы - смесь, состоящая из 90% N_2 , 5% Ar и 5% H_2 , скорость потока газообразных сред был следующим: 900 мл/мин N_2 + 50 мл/мин Ar + 50 мл/мин H_2 .

На поперечных шлифах изучали структуру поверхностных и приповерхностных слоев азотированных образцов. Для выявления структуры азотированных слоев, поперечные шлифы травили электрохимическим способом в насыщенном растворе щавелевой кислоты. Наблюдение структур образцов сталей X12МФ, X12Ф, 40Х и 20Х проводили на оптическом микроскопе Carl Zeiss типа Axiovert 25 с записью цифрового изображения. Было использовано увеличение $\times 200$ и $\times 500$. Измерение твердости на поверхности образцов осуществляли с использованием алмазного индентора Кнупа при нагрузках 10 г (0,09807 Н), 25 г (0,2452 Н), 50 г (0,4903 Н) и 100 г (0,9807 Н), а микротвердость по поперечному сечению образца определяли при нагрузке 10 г (0,09807 Н) с помощью автоматического микротвердомера DM-8B(Affri). Погрешность измерений не превышала 3%. Для определения фазового состава модифицированных слоев использовался рентгеновский дифрактометр ДРОН 2 с радиусом гониометра 180 мм с регистрацией рентгенограмм на компьютере. Максимальное напряжение на трубке равно 50 кВ. Рентгенограммы были получены при $U = 30\text{ кВ}$ и токе 10 мА с использованием рентгеновской трубки с кобальтовым анодом ($\lambda_{\text{ка}} = 0,17902\text{ нм}$). Качественная оценка фазового состава проводилась путем получения дифракционной картины в диапазоне $2\theta = 15\div 100\text{ }^{\circ}$ с шагом $\Delta\theta = 0,05\text{ }^{\circ}$ и временем экспозиции 5 с.

Испытание на абразивный износ проводили с использованием триботестера Т-05 в условиях сухого трения по схеме «вал – вкладыш». Тестер Т-05 оснащен блоком управления Spider 8 и компьютерной программой Catman Express 3.0. В процессе испытаний осуществлялась непрерывная регистрация силы трения F , температура образца и взаимное смещение пары трения h , обусловленного износом образца. Все эксперименты проводили при постоянной нагрузке 18,615 Н и скоростью вращения 150 об/мин. Контрольным образцом был ролик, имеющий диаметр 35 мм, изготовленных из подшипниковой стали с твердостью 60-63 HRC. Для измерения потери массы образцов использовали аналитические весы RADWAG типа WPA 40/160 / C / 1 со шкалой 0,01 мг.

Результаты исследований и их обсуждение

В первой серии лабораторных экспериментов исследовали исходную структуру заготовки из сталей X12МФ, X12Ф, 40Х и 20Х. Показано, что заготовки имеют неоднородную микроструктуру. Микроструктуры всех испытуемых сталей в начальном состоянии имеет волокнистую структуру, сформованные пластическим деформированием. Полосовая структура хорошо видна в продольных сечениях сталей X12МФ, X12Ф, 40Х и 20Х. Образование полосовой структуры связано с вытягиванием зерен в направлении пластической деформации. В отличие от структуры продольных сечений, структура поперечных сечений такую ориентацию не имела. Следует отметить, что исследуемые исходные стали были обработаны с высокими степенями деформации. Такой вывод связан с прохождением динамической рекристаллизации и росту новых зерен на границах сравнительно крупных зерен структуры сталей.

Таким образом, в продольном сечении образцов зерна вытянуты в направлении деформации. При этом, микроструктуры сталей состоят из вытянутых зерен со средним размером 31 - 46 мкм в продольном и 14 - 18 мкм в поперечном направлениях и расположенных по их границам мелких зерен размером 2-7 мкм.

В поверхностном слое сталей X12МФ, X12Ф, 40Х и 20Х, подвергнутых азотированию, наблюдается тонкий слой нитридов (рисунок 1). В ядре образцов изменений структуры по сравнению с исходным состоянием не наблюдалось, т.е. структура ядра образца после процесса азотирования не изменилась. На поверхности образца слой нитридов виден как темная травленная непрерывная линия.

Среди сталей, подвергнутых азотированию тлеющим разрядом, зона нитрида была хорошо видна в структуре сталей 40Х и 20Х (рисунок 2, а, б). В структуре стали X12МФ существование нитридной зоны видно не ясно (рисунок 2, в). Однако зона диффузии была отмечена. Вид структуры выше и ниже вытравленной линией линии явно различаются. В стали X12Ф зона нитрида видна как темная зона вблизи поверхности (рисунок 2, г).

Анализ полученных результатов показал, что азотирования стали приводят к значительному повышению поверхностной твердости для всех исследуемых сталей.

Результаты измерений поверхностной твердости в исходном состоянии ясно показала, что сталь Х12МФ имеет самую высокую поверхностную твердость среди испытываемых материалов. При нагрузках 100, 50, 25 и 10 г твердость стали Х12МФ соответственно равнялась 395,3 НК, 401,6 НК, 423,5 НК, и 463,3 НК. По сравнению с данной сталью твердость сталей Х12Ф и 40Х имеет меньшее значения и соответственно равнялась: 451 НК 0,01 и 411,7 НК 0,01. Сталь 20Х характеризуется сравнительно низкой твердостью, так как имеет величину 162 НК 0,01. При других нагрузках ее твердость была следующей: 143,6 НК при нагрузке 100 г, 151,2 НК при нагрузке 50 г и 162,4 НК при нагрузке 25 г.

Сравнение значений стандартных отклонений измеренных твердостей в исходном состоянии показало однородное их распределение. Это демонстрирует стабильные и однородные свойства испытываемых сталей в исходном состоянии.

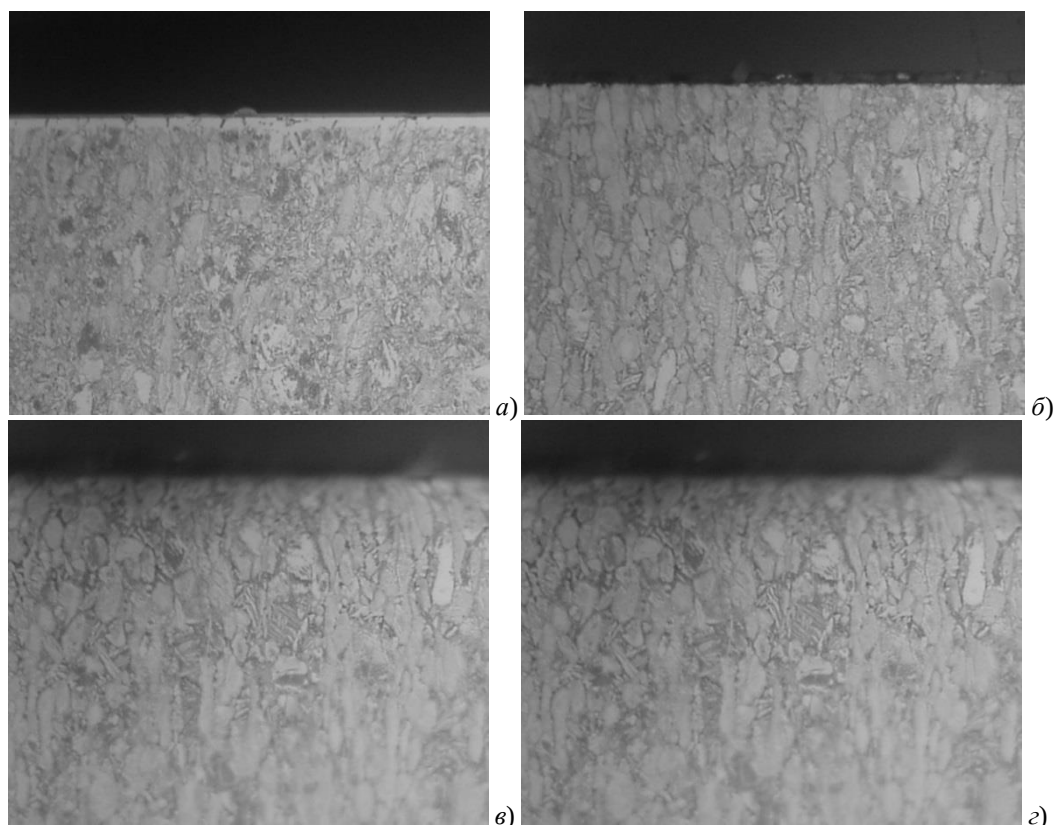


Рис. 1. Микроструктура сталей 20Х (а), 40Х (б), Х12МФ (в) и Х12Ф (г) после азотирования в тлеющем разряде, $T = 520\text{ }^{\circ}\text{C}$, 900 мл/мин $\text{N}_2 + 50\text{ мл/мин Ag} + 50\text{ мл/мин H}_2$, $\times 200$

Изучение твердости после азотирования тлеющего разряда показало, что стандартные отклонения измеренных твердостей имеют небольшие значения. Это также демонстрирует однородность и непрерывность создаваемых нитридных зон.

Процесс азотирования изучаемых сталей в тлеющем разряде привел к значительному повышению их поверхностных твердостей. Наибольшее увеличение твердости наблюдалось для образца стали 20Х. Его поверхностная твердость увеличилась до 1498,7 НК 0,01. Наименьшую твердость поверхности имели образцы из стали Х12МФ. Их значения $\sim 993,4\text{ НК }0,01$. Среднею по величине поверхностную твердость приобретали стали 40Х и Х12Ф. Их величина - 1384,2 НК 0,01 и 1086,3 НК 0,01, соответственно.

При увеличении нагрузки до 25 г твердость плазменно азотированной поверхности стали 20Х достигла значения $\sim 968,2\text{ НК}$, а сталей Х12МФ, Х12Ф и 40Х - 691 НК, 823,7 и 986,4 НК соответственно.

Значительное снижение твердости азотированных в тлеющем разряде поверхности при нагрузках 100 и 50 г показывает, что прилагаемая нагрузка вызвала частичное внедрение нитридной зоны в основную зону. Полученные значения твердости соответствуют твердости диффузионной зоны.

Толщина поверхностного слоя, полученного способом плазменного азотирования сталей Х12МФ, Х12Ф, 40Х и 20Х, определяется картиной распределения твердости на поверхности исследуемых образцов. Толщина данных слоев определялась путем измерения микротвердости от поверхности до величины твердости, соответствующей величине твердости центральной зоны. Самый толстый верхний слой был получен на стали 20Х и составлял 0,13 мм. В других исследуемых сталях толщины наружного слоя достигало: 0,097 мм на поверхности стали 40Х; 0,086 мм на поверхности стали Х12Ф; 0,061 мм на поверхности стали Х12МФ.

Картина распределение микротвердости в поверхностных слоях стали 20Х показывает снижение твердости до 310 НК на расстоянии 0,03 мм от поверхности. Затем твердость постепенно уменьшается, и на расстоянии 0,13 мм от поверхности образца достигает значения твердости центральной зоны, равной 160 НК.

В стали 40Х микротвердость на толщине поверхности уменьшается плавно, и твердость центральной зоны достигает на расстоянии 0,097 мм.

Микротвердость стали Х12Ф уменьшается от значения НК 912,3, на расстоянии 0,005 мм от поверхности образца, до величины 658,3 НК на расстоянии в пределах 0,025 мм. Затем величина твердости остается постоянной в пределах 640 – 630 НК. На расстоянии 0,075 мм от поверхности образца твердость постепенно уменьшается с величины 625,2 НК и приобретает твердость центральной зоны на расстоянии 0,086 мм.

Твердость поверхностного слоя стали Х12МФ варьируется от 993,4 НК до 570 НК на расстоянии 0,025 мм от поверхности образца. В дальнейшем твердость поверхности образца уменьшается плавно и на расстоянии 0,061 мм от поверхности образца приобретает твердость центральной зоны, равной 412 НК.

Впрочем, в стали Х12МФ твердость более 950 НК поддерживается на расстоянии 0,01 мм от поверхности образца. В других исследуемых сталях твердость на этом расстоянии равняется: 730 НК для стали 20Х; 820 НК для стали 40Х; 940 НК для стали Х12Ф. Следует отметить, что толщина поверхностного слоя стали Х12МФ почти в два раза меньше толщины поверхностного слоя, полученного на стали 20Х. Такая малая толщина поверхностного слоя в стали Х12МФ может быть связана с блокировкой диффузии азота молибденом, которая в этой стали содержится в количестве 0,5%. Чистый молибден отсутствует в стали 20Х, 40Х и Х12Ф.

Анализ рентгеновских дифракционных картин исходных материалов по наличию пиков от соответствующих фаз показал присутствие только фазы $Fe\alpha$ и Fe_3C в сталях Х12МФ, Х12Ф, 40Х и 20Х. В сталях Х12МФ и Х12Ф после азотирования в тлеющем разряде при температуре 520°C образовался модифицированный слой, состоящий из твердого раствора α -фазы и низкоазотистой фазы γ' – Fe_4N , а также из нитридов хрома в небольшом количестве. При этом, исследованием структуры и фазового состава сталей 40Х и 20Х после азотирования было выявлено, что на поверхности образцов образуется упрочненный слой, состоящий из нескольких зон: твердый раствор на основе нитрида железа ϵ – Fe_3N , под которым располагается зона γ' -фазы типа Fe_4N . В данных сталях также образуется в небольшом количестве нитрид хрома.

В дальнейшем были исследованы триботехнические свойства исследуемых сталей в исходном состоянии при нагрузке на держатель контртела 18,615 Н. В связи с большим износом образцов трибо-тестер Т-05 останавливался примерно через 30 мин и пути трения ~264 м. Анализ полученных данных показал, что основным механизмом изнашивания является абразивное изнашивание со следами пластического течения материала.

При испытании абразивного износа стали 20Х с поверхностным упрочненным слоем, полученным при азотировании на тлеющем разряде, температура образца в конце испытания увеличился с 22 до 32 °С (рисунок 2,а), а при испытании абразивного износа исходных образцов температура образца поднялась до 36 °С. Следует отметить, что при испытании исходных образцов смещение абразивной пары достигло 620 мкм, а при испытании азотированных образцов максимальное смещение равнялось 236 мкм. Во время контроля износостойкости исходных образцов резкий сдвиг абразивных пар произошел после 190 с, а при контроле поверхностно упрочненных образцов такое смещение наступило после 400 с. Такое внезапное увеличение смещения пар трения, вероятно, связано с постепенным очищением поверхности испытываемых образцов от азотированного слоя.

Постепенное увеличение силы трения, возникающее в начальном этапе испытания на абразивный износ всех испытываемых образцов из сталей Х12МФ, Х12Ф, 40Х и 20Х, подвергнутых процессу азотирования, указывает на возрастания коэффициента трения нитрированного слоя. В начальном этапе испытания во всех проверенных материалах сила трения увеличивается в среднем на 2,5 Н, а

далее остается постоянной до конца испытания (рисунок 2). При этом в начале испытания на износ у всех азотированных образцов сила трения равнялась ~ 15 Н, а в середине испытания уменьшилась примерно до 10 Н и оставался на этом уровне до конца испытания.

Испытания на истирание образцов из стали 40Х в исходном состоянии показали увеличение температуры образца от 25 до 60 °С, при этом смещение абразивной пары во время испытания составило 590 мкм. Следует отметить, что смещение абразивной пары, состоящей из контробразца и стали 40Х, подвергнуто азотированию в тлеющем разряде, составила ~ 240 мкм (рисунок 2,б). Во время испытания азотированного образца температура образца повысилась на 8 °С. Анализ сил трения, возникающих при испытании на истирание исходных образцов, показывает, что резкое увеличение силы трения в начальном этапе испытания приводит к протиранию поверхностного слоя образца через 600 с.

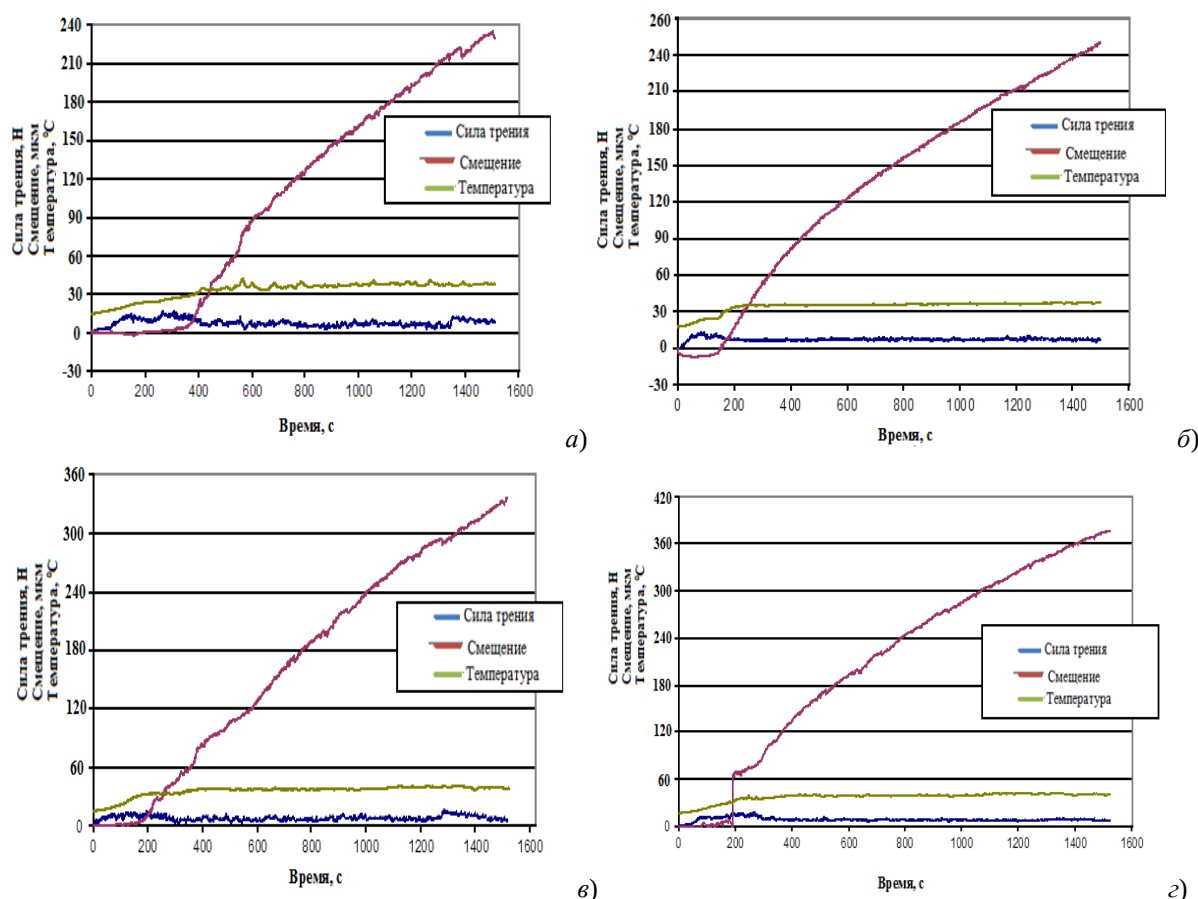


Рис. 2. Изменение взаимного смещения пары трения, силы трения и температуры образца во время испытания на истирание азотированных образцов из сталей 20Х (а), 40Х (б), Х12Ф (в) и Х12МФ (з)

Исследования абразивного износа стали Х12Ф после процесса азотирования показали, что во время испытания температура образца увеличивается на 23 °С (рисунок 2,в). Для сравнения можем отметить, что температура образца не подвергнутая азотированию, увеличилась на 55 °. Сравнительно большое увеличение температуры привело к сравнительно большому смещению абразивной пары (рисунок 2,в). Смещение абразивной пары во время испытания азотированного составило 356 мкм.

В случае абразивного испытания поверхностно упрочненных образцов из стали Х12МФ, полученных во время азотирования в тлеющем разряде (рисунок 2,з), происходит небольшое увеличение силы трения после 200 с. Это увеличение сопровождается резким увеличением смещения абразивной пары. Величина смещения абразивной пары во время испытания азотирования составила 386 мкм. Считаем, что резкое увеличение смещения абразивной пары связано с увеличением температуры при испытании. Значение силы трения во время всего испытания оставалось сравнительно постоянным.

Процесс азотирования в тлеющем разряде позволил увеличить сопротивление истиранию. Об этом свидетельствуют измерения массовых потерь образцов. В исходных образцах наибольшая потеря массы во время испытания на абразивный износ имела сталь 20Х (более 50 мг). В сталях Х12Ф и Х12МФ потеря массы в исходном состоянии составляла 32,3 мг, а в стали 40Х – 43,6 мг.

Измерения массовых потерь образцов, подвергнутых азотированию в тлеющем разряде, показали значительное снижение данных величин. Образец из стали Х12МФ после испытаний потерял только 0,36 мг его массы. Масса оставшихся образцов уменьшилась следующим образом: сталь 40Х на 0,2 мг, сталь Х12Ф на 0,21 мг и сталь 20Х на 0,08 мг.

Азотирование в тлеющем разряде также оказало положительное влияние на снижение коэффициента трения. Для образца из стали 20Х коэффициент трения уменьшился с 0,651 в исходном состоянии до 0,163 в азотированном состоянии. Наибольшее снижение коэффициента трения произошло для стали 40Х: от 0,764 до 0,223. Для стали Х12М этот коэффициент уменьшился с 0,431 до 0,213 в состоянии после азотирования. Коэффициент трения для стали Х12МФ после азотирования составил 0,272.

Таким образом, процесс азотирования дает возможность существенно увеличить износостойкость и уменьшить коэффициент трения исследуемых сталей. Такое улучшение износостойкости и коэффициента трения объясняется не только формированием нитридного слоя, но и образованием в нем нитрида хрома. Известно, что нитрид хрома помимо существенного увеличения твердости способствует также повышению износостойкости сталей. Изучение полос трения после испытаний на износостойкость показало, что к абразивной составляющей механизма изнашивания, наблюдаемой и для необработанных образцов, добавляется адгезионное изнашивание, о чем свидетельствует наличие задигов на поверхности дорожки трения и перенос материала образца на контртело.

Выводы

1. Упрочнение поверхности стальных образцов методом плазменной технологией позволяет увеличить твердость и протяженность азотированного слоя инструментальной и конструкционной легированных сталей, что является актуальной задачей в современном машиностроении.
2. Азотирование в тлеющем разряде с применением рациональных параметров процесса приводит к уменьшению коэффициента трения и увеличению износостойкости сталей 20Х, 40Х, Х12Ф и Х12МФ.
3. Рациональные параметры процесса азотирования в тлеющем разряде ($T = 520\text{ }^{\circ}\text{C}$, вакуумное давление (реактивная атмосфера) $p = 150\text{ Па}$, время $t = 15\text{ часов}$, состав реакционной атмосферы: смесь, состоящая из 90% N_2 , 5% Ar и 5% H_2 , скорость потока газообразных сред: 900 мл/мин $\text{N}_2 + 50\text{ мл/мин Ar} + 50\text{ мл/мин H}_2$) благоприятствуют образованию нитридов Fe_3N и Fe_4N .
4. Предложенный рациональный параметр процесса азотирования имеет промышленное применение, поскольку стали 20Х, 40Х, Х12Ф и Х12МФ широко используются для изготовления ответственных деталей и механизмов работающих в условия высоких нагрузок, температур и агрессивных сред.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лисовский А.Л., Плетнев И.В. Разработка технологии лазерного упрочнения штамповой оснастки // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Прикладные науки. Технология машиностроения, 2008, № 2. – С. 65 – 72.
- [2] Механические свойства и эрозионная стойкость вакуумно-дуговых покрытий $(\text{Ti,Al})\text{N}$, модифицированных иттрием / Васильев В.В., Коваленко В.И., Лучанинов А.А. и др. // Вопросы Атомной Науки и Техники, Серия «Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение» №4(74), 2011, с.160-164.
- [3] Koval N.N., Oks E.M., Schanin P.M., Kreindel Yu.E., Gavrillov N.V. Broad beam electron sources with plasma cathodes // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research. – 1992. – V. A321. – P. 417–428.
- [4] Семенов А. П. Новая вакуумная ионно-плазменная технология изготовления подшипников скольжения // Методы упрочнения поверхностей деталей машин: сб. науч. тр. М.: Красанд, 2008. С. 39–47
- [5] Герасимов С.А., Куксенова Л.И., Лаптева В.Г. Структура и износостойкость азотированных конструкционных сталей и сплавов. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. - 518с.
- [6] Liu, Z.-J. Hardening mechanisms of nanocrystalline Ti-Al-N solid solution films / Z.-J. Liu, P.W. Shum, Y.G. Shen. // Thin Solid Films. –2004. –Vol. 468. –P. 161 – 166.
- [7] Григорьев С. Н. Виды износостойких покрытий и методы их нанесения на детали машин / С. Н. Григорьев, А. А. Шеин // Обработка металлов давлением. 2005, №5. – С. 71 – 78.
- [8] Антипин В.Г. Прогресс в производстве тонких стальных полос // М.: АО «Черметинформация». Бюллетень «Черная металлургия», 2002, №8. – С. 3 – 9.
- [9] Патент РК № 31750. Многофункциональный продольно-клиновый стан для прокатки листов из сталей и сплавов /С.А. Машеков, А.С. Машекова, Е.З. Нугман и др. // Опубл. 30.12. 2016 г в БИ № 18.
- [10] Иванов К. М., Шевченко В. С., Юргенсон Э. Е. Метод конечных элементов в технологических задачах ОМД: Учебное пособие. С-Пб: Институт Машиностроения, 2000. 217 с.

[11] Рыбников Е.К., Володин С.В., Соболев Р.Ю. Инженерные расчеты механических конструкции в системе MSC.Patran-Nastran. Часть I и II. – М. MSC.Software Corporation, 2003. – 130 и 174 с.

[12] Программа MSC.SuperForge как один из элементов системы виртуального производства и управления качеством изделий // Солдаткин А., Голенков Ю. и др. САПР и графика, 2000, №7. - С. 11-13.

[13] Мазур В. Л. Теория и технология тонколистовой прокатки (Численный анализ и технические приложения) / В. Л. Мазур, А. В. Ноговицын. – Днепропетровск : РВА «Дніпро-VAL», 2010. – 500 с.

[14] Копанев Д. Решение задач динамики средствами MSC.Patran-Nastran. Руководство пользователя М.: MSC.Software Corporation, 2010. – 169 с.

[15] Расчет энергосиловых параметров холодной прокатки стальных полос на многофункциональном продольно-клиновом стане/ Машеков С.А, Орлова Е. П., Абсадыков Б.Н. и др. //Доклады НАН Республики Казахстан, 2015, №5. С. 41-49.

Машеков С.А., Киянбекова Л.Р., Машекова А.С., Тусупкалиева Э.А.

Қалыптық әбзелдегі азотталған қабаттың триботехникалық қасиетке әсері

Түйіндеме. Мақалада 20Х, 40Х, Х12Ф және Х12МФ болаттарының салыстырмалы трибологиялық сипаттамалары келтірілген. Плазмалы технология әдісімен болаттан жасалған үлгіліктердің бетін беріктендіру, легіріленген және құрылымдық болаттардың азотталған қабаттардың қаттылығын және қалыңдылығын үлкейтуге мүмкіндік беретіндігі жұмыста көрсетілген. Процестің ұтымды параметрлерін қолданып әлсіз разрядта азоттау, 20Х, 40Х, Х12Ф және Х12МФ болаттарының үйкеліс коэффициентін азайтатындығы және тозуға төзімділігін жоғарлайтындығы мақалада анықталды. Әлсіз разрядта азоттау процесінің ұтымды параметрлері (Т = 520 °С, вакуумды қысым (реактивті атмосфера): р = 150 Па, уақыт: t = 15 сағат, реакциялық атмосфераның құрамы: 90% N₂, 5% Ar және 5% H₂ тұратын құрам, газдық орта ағымының жылдамдығы: 900 мл/мин N₂ + 50 мл/мин Ar + 50 мл/мин H₂), Fe₃N және Fe₄N нитридтерін құрауға қолайлы жағдай жасайтындығы жұмыста көрсетілді. Мақалада, ұсынылып отырған ұтымды процесс параметрлерін өндірісте қолдануға болатындығы дәлелденді. Бұл, жоғары температура, үлкен жүктеме және агрессивті орта жағдайында жұмыс істейтін жауапты тетіктер мен механизмдерді жасау үшін 20Х, 40Х, Х12Ф және Х12МФ болаттарын өндірісте кең қолданумен байланысты.

Түйінді сөздер: әлсіз разрядта азоттау, үйкеліс коэффициенті, үйкеліс күші, температура, нитридтер, триботехникалық қасиеттер, қалыптар, тозуға төзімділік.

Mashekov S.A., Kiyankbekova L.R., Mashekova A. S., Tusupkaliyeva E.A.

Influence of nitrated coating on tribotechnical properties of the stamping tool

Summary. The article presents data on the comparative behavior of the tribological characteristics of steels 20H, 40H, H12F and H12MF. It is shown that the hardening of the surface of steel samples by plasma technology makes it possible to increase the hardness and the extent of the nitrided layer of tool and structural alloy steels. It has been established that nitriding in a glow discharge with application of rational process parameters leads to a decrease in the friction coefficient and increase in wear resistance of 20H, 40H, H12F and H12MF steels.

It is shown that the rational parameters of the nitriding process in a glow discharge (T = 520 °C, vacuum pressure (reactive atmosphere) p = 150 Pa, time t = 15 hours, composition of the reaction atmosphere: a mixture consisting of 90% N₂, 5% Ar and 5% H₂, gaseous flow rate: 900 ml / min N₂ + 50 ml / min Ar + 50 ml / min H₂) favor the formation of Fe₃N and Fe₄N nitrides. The paper proves that the proposed rational parameter of the nitriding process can be applied in industry. This is due to the wide use of steel 20H, 40H, H12F and H12MF in the industry for the manufacture of critical parts and mechanisms operating under conditions of high loads, temperatures and corrosive environments.

Key words: nitridation in a glow discharge, coefficient of friction, frictional force, temperature, nitrides, tribological properties, dies, wear resistance.

УДК; 689.723

D. Yeryomin, D. Zhaxygulova, S. Trepashko
(Institute of Space Technique and Technologies
E-mail: zhaxygulova@istt.kz)

RESEARCH OF A SYSTEM FOR MANAGING THE NETWORK INFRASTRUCTURE OF REFERENCE GNSS STATIONS USING CLOUD TECHNOLOGIES

Abstract: The article considers the system for managing the network infrastructure of reference GNSS stations using cloud technologies. Conduct analysis of foreign networks of reference GNSS stations such as National Geodetic Survey of USA NGS, State Geodetic Service of Germany AdV, Geodetic Systems of Russia SmartNet Russia and HIVE. The main characteristics and tasks of the developed system for managing the network infrastructure of reference GNSS stations are determined.

Keywords: navigation system, control system, GNSS stations, network of reference stations, differential station.

Д.И.Еремин¹, Д.Г.Жаксыгулова², С.Трепашко¹¹ДТОО «Институт космической техники и технологий», Алматы, Республика Казахстан,²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан,

E-mail: zhaxygulova@istt.kz)

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ РЕФЕРЕНЦНЫХ ГНСС СТАНЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. В статье рассматривается система управления сетевой инфраструктурой референчных ГНСС-станций с использованием облачных технологий. Проведен анализ зарубежных сетей референчных ГНСС-станций такие как Национальная геодезическая служба США NGS, государственная геодезическая служба Германии AdV, геодезические системы России SmartNet Russia и NIVE. Определены основные характеристики и задачи разрабатываемой системы управления сетевой инфраструктурой референчных ГНСС станций с использованием облачных технологий.

Ключевые слова: навигационная система, система управления, GNSS станции, сеть референчных станций, дифференциальная станция.

В современной повседневной жизни мы постоянно сталкиваемся с задачами навигации на бытовом уровне, при этом давно забыли, что такое раскладная бумажная карта города с указанными улицами и маршрутами городского транспорта. Мы открываем в смартфоне мобильное приложение географической информационной системы и видим свое местоположение на электронной карте, можем задать пункт назначения и получить оптимальный маршрут с расчетным временем пути на автомобиле или автобусе. В автомобилях установлены навигаторы, которые помогают выбрать маршрут, и даже подсказывают уровень заторов (пробок) на дорогах. Водители транзитных большегрузных автомобилей пересекают страны, прокладывая маршрут по навигатору. Путешественники берут в дорогу персональный навигатор, не рискуя заблудиться. А ведь такая широкая доступность персональной навигации появилась всего-то 10-15 лет назад. Все эти сервисы реализованы благодаря технологии спутниковой навигации.

Стандартные навигационные аппараты определяют географические координаты с метровой точностью, а именно 7-15 метров. Данной погрешностью можно пренебречь в вышеуказанных случаях для определения адреса или дороги в местности. Однако для решения множества прикладных задач требуется более высокая точность. Повышение точности определения географических координат позволяет значительно расширять навигационные системы для решения множества прикладных задач, от использования сверхвысокоточной спутниковой навигации для прецизионного земледелия до автоматического управления беспилотными летательными аппаратами. Большой спрос на высокоточное определение географических координат существует в отраслях геодезии, строительства, геологии, архитектуры и других точных сферах деятельности.

Исторически первый вид дифференциальных поправок, когда поправку формирует одиночная (ближайшая к потребителю) референчная ГНСС станция, в зоне действия которой находится потребитель. Зону (радиус) покрытия одиночной базовой ГНСС станции (дифференциальной станции – ДС) условно принимают до 30 км. Поправка действует и на большем удалении (до 50 км, до 100 км), но эффективность ее падает, и погрешность навигационного решения растет пропорционально удалению потребителя от базовой станции, в общем случае по закону $D \cdot 10^{-6}$, где D – удаление потребителя от одиночной базовой станции. Таким образом, на удалении 100 км среднеквадратичная погрешность определения координат потребителя составит более 10 см.

Если дифференциальные поправки формируют от сети нескольких (ближних к потребителю) референчных ГНСС станций, такие поправки называют локальными сетевыми. Зону покрытия локальной сети условно принимают до 200 км. Рекомендованное количество базовых станций для обеспечения бесперебойной работы локальной сети с гарантированной выдачей сетевых поправок составляет от 5 до 10 базовых станций [1].

Дифференциальный режим для множества потребителей на протяженной территории, например, в масштабах региона (зона покрытия от 200 до 1000 км) или страны (зона покрытия от 1000 до 5000 км), реализуют путем формирования сетевых региональных или широкозонных дифференциальных поправок [2]. Для передачи широкозонных дифференциальных поправок множеству потребителей на обширной территории применяют вещание поправок с геостационарных спутников по технологии SBAS на частоте L1. Реализован ряд широкозонных дифференциальных подсистем WAAS (США), EGNOS (ЕС), СДКМ (Россия), MSAS (Япония), GAGAN (Индия).

Сети референчных ГНСС станций строят практически во всех странах мира. Некоторые примеры сетей:

– Национальная геодезическая служба США (National Geodetic Survey – NGS) [3] управляет сетью постоянно действующих референчных станций (Continuously Operating Reference Station – CORS) (Рисунок 1). Около 2000 станций (по состоянию на август 2015 года) являются совместной собственностью более 200 государственных, академических и частных организаций. NGS выполняет сбор данных от сети CORS, контролирует целостность ГНСС данных и распространяет их потребителям бесплатно: данные ГНСС измерений кода и фазы несущей для позиционирования на всей территории США и некоторых зарубежных стран, файлы RINEX с периодом регистрации от 1 до 30 секунд, текущие данные и за архивный период.

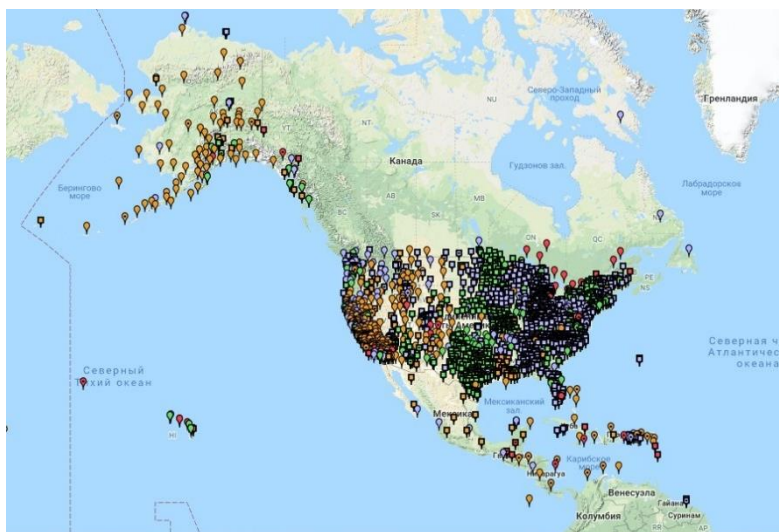


Рис. 1. Сеть постоянно действующих референчных станций CORS Национальной геодезической службы США (NGS)

– Национальная сеть базовых ГНСС станций SAPOS государственной геодезической службы Германии AdV [4] содержит 260 базовых ГНСС станций, которые обеспечивают сплошное покрытие территории Германии площадью 357045 кв. км (Рисунок 2). Среднее удаление базовых станций составляет 37 км, фактически от 10 до 50 км. SAPOS обеспечивает традиционные сервисы DGNSS, RTK, PP от одиночной станции и сетевые решения. Для расчета в режиме реального времени площадных параметров коррекции FKP используется программный продукт GNSMART компании Geo++, для расчета сетевых поправок виртуальной базовой станции VRS – GPSNet компании Trimble Navigation. Для постобработки используется программный продукт WaSoft/Virtuell.



Рис. 2. Национальная сеть базовых ГНСС станций SAPOS государственной геодезической службы Германии AdV

– Система высокоточной спутниковой навигации Республики Казахстан (СВСН РК) [5] содержит 60 референчных ГНСС станций (Рисунок 3), центр дифференциальной коррекции и мониторинга (ЦДКМ), две передвижные мобильные дифференциальные станции и морскую локальную дифференциальную станцию на берегу Каспия. СВСН РК введена в эксплуатацию в 2015 году. В ЦДКМ уста-

новлены серверы с программным обеспечением Leica GNSS Spider [6] для сбора и обработки навигационных данных, расчета и передачи дифференциальных поправок потребителям и NavSCADA для контроля телеметрии и управления режимами работы ДС. Координаты станций СВЧН РК уравниены в международной системе координат ITRF с применением программного обеспечения Bernese [7] относительно координат станций международной сети IGS. В референционных станциях применены геодезические ГНСС приемники Leica GR10 и антенны Leica AR25. Основные сервисы СВЧН РК следующие: дифференциальные поправки DGNSS метровой точности (покрытие 94 % территории РК), поправки RTK сантиметровой точности (покрытие 18 % территории РК) и файлы RINEX для постобработки.

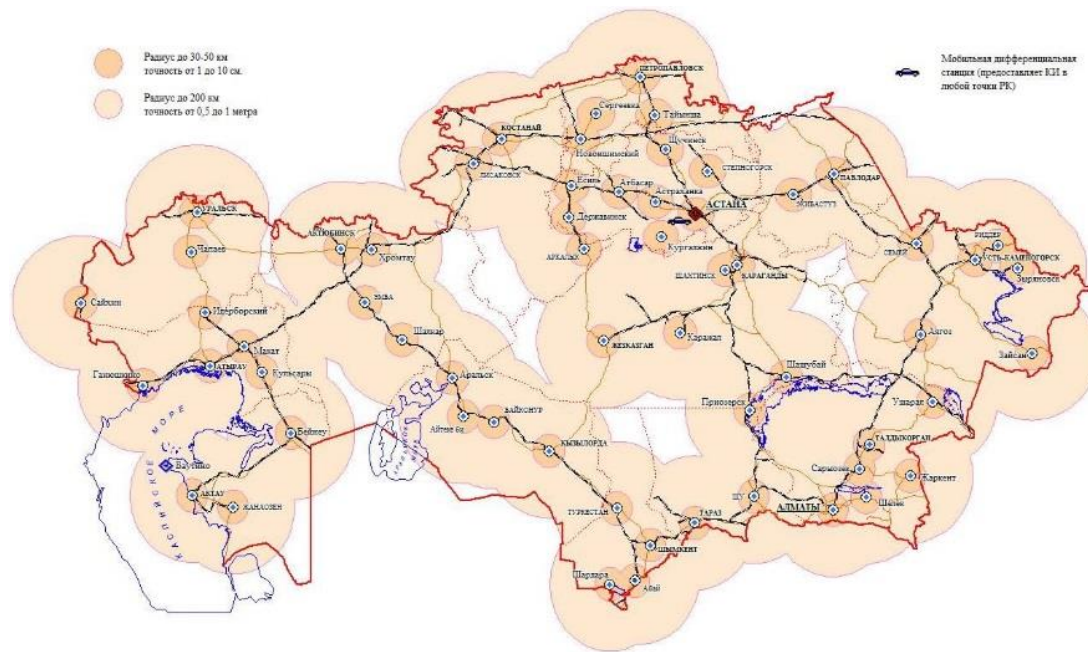


Рис. 3. Сеть референционных ГНСС станций СВЧН РК

– Сеть референционных ГНСС станций SmartNet Russia [8] содержит более 250 станций под управлением специализированного программного обеспечения Leica GNSS Spider [6], которое проверяет целостность данных спутниковых измерений и обеспечивает передачу их потребителям. Leica GNSS Spider может формировать дифференциальные поправки режима RTK всех существующих форматов, помимо традиционных поправок RTK от одиночной референционной станции, поддерживает формирование сетевых поправок MAX, i-MAX, VRS и FKP, вместе с RTK поправками может передавать параметры перехода в местную систему координат. Координаты станций SmartNet Russia уравниены в международной системе координат ITRF с применением программного обеспечения Bernese, Leica CrossCheck относительно координат станций международной сети IGS. В референционных станциях применены геодезические ГНСС приемники Leica GR10 и антенны Leica AR10. Серверы с программным обеспечением Leica GNSS Spider размещены в двух независимых вычислительных центрах для повышения отказоустойчивости. SmartNet Russia предлагает два основных продукта: передача RTK поправок в режиме реального времени и RINEX файлов для постобработки. Заметим, что сети СВЧН РК и SmartNet Russia создавались примерно в одно время и используют однотипное оборудование и программное обеспечение компании Leica Geosystems. СВЧН РК отличаются выдающиеся Choke Ring антенны и более широкие возможности контроля телеметрии и управления станциями посредством специализированного программного обеспечения (СПО) NavSCADA.

Проблемы и перспективы развития спутниковых геодезических сетей в России и их интеграции в ITRF рассмотрены в статье [9]. Выявлено 1035 базовых ГНСС станций в составе федеральных и региональных сетей России (Рисунок 4), по состоянию на апрель 2017 года. Отмечена тенденция к объединению ГНСС станций в масштабные сети как система NIVE [10]. На первом этапе объединение идет на уровне централизованного сбора, обмена данными и предоставления навигационных услуг. Дальнейшее развитие единой системы координатно-временного и навигационного обеспечения России связано с интеграцией ГНСС станций в единую геодезическую сеть и ее уравнивание.



Рис. 4. Совокупность базовых ГНСС станций России (апрель 2017 г.)

– Система NIVE [10] объединяет 527 базовых ГНСС станций в 77 регионах России в общую сеть (Рисунок 5), это половина всех базовых станций России. Система NIVE использует облачные технологии спутникового позиционирования на основе отечественного программного обеспечения (ПО) и предоставляет потребителям данные спутниковых измерений на всей территории России: дифференциальные поправки RTK и RINEX-файлы «сырых» данных. Удобство пользования системой обеспечивает современный интуитивно понятный интерфейс личного кабинета (на сайте системы), вход в личный кабинет через любой доступный Web-браузер. Оператор системы NIVE (НПК «Индустриальные геодезические системы») и ФГБУ «Центр геодезии, картографии и инфраструктуры пространственных данных» внедрили отечественное ПО в облачный сервис NIVE, объединили в информационную систему данные от сети базовых ГНСС станций и обеспечили определение базовых станций в государственной геодезической системе координат ГСК-2011 и других (используемых потребителем) системах координат.



Рис. 5. Схема сети ГНСС станций в системе NIVE (июнь 2018 г.)

Рассмотренные примеры действующих сетей референсных ГНСС станций позволяют обобщить характеристики и выделить ориентиры к разработке системы управления сетью референсных ГНСС станций с использованием облачных технологий:

1) архитектура сети референчных ГНСС станций двухуровневая. Нижний управляемый уровень – ГНСС станции есть объекты управления и измерения навигационных данных, равноценны и управляются из единого центра. Верхний управляющий уровень – единый центр управления, сбора и хранения данных, обработки навигационных данных и оказания услуг потребителям. Таким образом, архитектура сети ГНСС станций имеет вид многолучевой звезды (многогранной пирамиды), управление происходит «по вертикали» из единого центра. Сеть референчных станций может иметь сложную совместную форму собственности (например, сеть CORS национальной геодезической службы США, российская система NIVE) и распределенной ответственности за содержание и техническое обслуживание. Данные измерений отдельных или группы станций могут ответвляться (от общего потока данных) и передаваться соучредителям сети или собственникам станций для персонального использования, однако это не нарушает общую архитектуру сети и централизованный сбор данных в едином центре управления сети;

2) плотность сети референчных ГНСС станций характеризует «качество» сети и определяет погрешность определения координат потребителем с использованием (одиночных и сетевых) дифференциальных поправок от ГНСС станций. Радиус действия одиночной ГНСС станции условно принимают равным 30 км, соответственно качественная сеть должна иметь сплошное покрытие территории с интервалами между станциями от 50 до 70 км. Условие достаточной плотности выполняется практически во всех сетях ГНСС станций США и ЕС (Рисунки 2, 3), но трудновыполнимо (и зачастую нецелесообразно) на обширных территориях России и Казахстана. Например, по схеме размещения ГНСС станций СВСН РК (Рисунок 4) видно, что сеть не является «качественной», не обеспечивает непрерывное (сплошное) покрытие территории страны и фактически содержит совокупность отдельно стоящих референчных ГНСС станций. Параметр плотности сети возможно учитывать при расчете сетевых поправок;

3) референчная ГНСС станция (ДС) есть «датчик» измерения навигационных параметров по сигналам ГНСС в месте размещения каждой станции. Минимальные задачи референчной ГНСС станции: прием сигналов ГЛОНАСС/GPS в диапазонах L1/L2, кодовые и фазовые измерения псевдодальностей до спутников ГНСС по принятым сигналам ГНСС, формирование файлов «сырых» данных в формате RINEX или в бинарных форматах Binary MDB, BINEX (преобразуемых в RINEX), их регистрация и передача в центр управления с заданным периодом в режиме реального времени. Дополнительно на станции могут быть установлены метеостанция, инклинометр (на опорной плите антенны ГНСС) и датчики телеметрии состояния узлов ДС. Должно быть обеспечено бесперебойное электропитание станции;

4) сбор данных от сети ГНСС станций проводится внутри виртуальной частной сети VPN, по выделенным Интернет каналам связи. ГНСС станции регистрируются в сети VPN каждая под своим IP адресом. Подключение станций к сети Интернет стационарное проводное по технологии Ethernet, стек протоколов передачи данных TCP/IP. При невозможности стационарного подключения, допускается подключение по радиоканалу с использованием модемов сотовой связи GSM/GPRS/3G/UMTS;

5) специализированное программное обеспечение (СПО) является ядром сети ГНСС станций и основой единого центра управления. СПО обеспечивает управление сетью станций – установку режимов работы ГНСС приемников и периферийного оборудования, периода регистрации и передачи данных от станции в единый центр управления. СПО может выполнять функции приема и контроля телеметрической информации о состоянии узлов ГНСС станции, выдавать аварийные сигналы при выходе параметров телеметрии за граничные уровни;

6) СПО обеспечивает контроль качества – выполняет проверку целостности файлов «сырых» навигационных данных, полученных от сети, рассчитывает факторы снижения точности DOP (PDOP/GDOP) и показатель аномальных отклонений RAIM (автономный мониторинг целостности приемника), использует информацию целостности в сигналах ГНСС;

7) СПО выполняет архивирование и обработку данных – расчет дифференциальных поправок в реальном времени в требуемых для потребителей форматах (CMR, CMR+, CMRx, RTCM 2.1, RTCM 2.2, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1). Поправки могут быть рассчитаны от одиночной ГНСС станции (режим RTK NEAR) или сетевые (режим RTK NETWORK) по технологиям MAX, i-MAX, VRS, FKP;

8) СПО обеспечивает регистрацию потребителей, контроль доступа к системе, прием заявок и предоставление услуг потребителям (передачу запрашиваемых данных), обычно по Интернет каналам. Возможен расчет и передача дифференциальных поправок RTK непосредственно от станции к потребителю (минуя центральное СПО, через модем GSM/GPRS/3G/UMTS или УКВ радиомодем), но этот режим работы от одиночной ГНСС станции именно в сетях ДС практически не используется;

9) СПО используется или собственной разработки, или готовое СПО ведущих разработчиков ГНСС оборудования и обработки навигационных данных. Существующие сети ГНСС станций широко используют готовое СПО: Leica Geosystems (Leica GNSS Spider, Leica Infinity, Leica GeoMoS, Leica SpiderQC, Leica Geo Office), Trimble Navigation (Trimble Pivot, Trimble GPSNet, Trimble RTKNet, Trimble VRS), Geo++ (GNSMART) и др. Сети ДС на основе собственного СПО редкие, однако, для российской системы NIVE целенаправленно разработано собственное СПО. Задачей нашего проекта является разработка собственного СПО;

10) аппаратные вычислительные средства (кластеры, серверы) могут быть собственные, и установлены в центре управления, или арендованные, и физически находиться в удаленных вычислительных центрах. Требования к вычислительным средствам и системе хранения данных, их объемы и быстродействие, параметры распараллеливания вычислений должны быть рассчитаны на стадии разработки технического проекта системы;

11) применение облачных технологий в существующих сетях ГНСС станций (за редким исключением) не раскрыто. Российская система NIVE является облачным программным комплексом. Разработчик программного комплекса «Пилот» (ООО «Руснавгеосеть», Россия) отмечает преимущества использования облачных технологий: возможность обработки практически неограниченных объемов данных (при наращивании сети референчных станций), высокую надежность облачных сервисов (гарантии сохранности и доступности данных), существенную экономию средств (не требуется закупка и содержание собственных вычислительных кластеров). Аренда сторонних (внешних) вычислительных кластеров практически равнозначна использованию (аренде) облачных услуг. При заказе облачных услуг должны быть корректно выставлены требования по назначению и надежности услуг – объемы вычислений и быстродействие, сохранность и доступность данных, вероятность безотказной работы. Это позволит провайдеру облачных услуг правильно определить требуемые вычислительные мощности;

12) повышение надежности работы сети ГНСС станций и доступности предоставляемых сервисов обеспечивается путем резервирования аппаратных и программных средств, то есть две (несколько) копии СПО устанавливаются на различных серверах (вычислительных кластерах) и работают синхронно (параллельно) или в горячем резерве. Резервируются также все архивы и базы данных. Аналогично дублируются (резервируются) все процессы и в облачных вычислительных системах.

Итак, мы рассмотрели примеры действующих сетей референчных ГНСС станций, кроме сетей специального назначения (IGS, EPN, СДКМ и др.), которые являются фундаментальной координатной основой, выполняют измерения эфемерид спутников ГНСС, задержек распространения сигналов в ионосфере/тропосфере, и не предоставляют услуг массовым потребителям. Обобщенные параметры сетей референчных ГНСС станций позволяют сформировать облик и минимальные требования к разрабатываемой автоматизированной системе управления сетью референчных ГНСС станций с использованием облачных технологий.

Работа выполнена в рамках проекта AP05134038 «Разработка программной системы управления инфраструктурой референчных GNSS станций с использованием облачных технологий» грантового финансирования КН МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

[1] 1 Зарубежный опыт создания референчных станций. Горшкова Е.В., Шаповалова Д.В., Корецкая Г.А./ Доклад IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых «Россия молодая», 18-21 апреля 2017 г./ Кузбасский ГТУ им. Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, 2017. – 5 с. – URL: <http://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2017/RM17/pages/Articles/0101003-.pdf> (дата обращения 20.06.2018).

[2] Системы функциональных дополнений глобальных навигационных спутниковых систем. Сайт «Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения ФГУП «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (г. Королев, Россия). – URL: https://www.glonass-iac.ru/guide/gnss/function_dop.php (дата обращения 19.06.2018).

[3] Continuously Operating Reference Station (CORS). Сайт National Geodetic Survey. – URL: <https://alt.ngs.noaa.gov/CORS/> (дата обращения 20.06.2018).

[4] Сервис высокоточного GNSS позиционирования Trimble VRS Now теперь по всей территории Германии. Сайт ГИС-Ассоциации. – URL: <http://www.gisa.ru/32727.html> (дата обращения 20.06.2018).

[5] Проект «Создание наземной инфраструктуры системы высокоточной спутниковой навигации Республики Казахстан». Сайт АО «Национальная компания «Қазақстан Ғарыш Сапары». – URL: <https://gharysh.kz/projects/svsn-rk/> (дата обращения 20.06.2018).

[6] Leica GNSS Spider. Сайт НПП «Навигационно-геодезический центр». – URL:

<http://ngc.com.ua/info/spider.html> (дата обращения 20.06.2018).

[7] Bernese GNSS Software. Сайт «Astronomical Institute of the University of Bern». – URL: <http://www.bernese.unibe.ch/> (дата обращения 20.06.2018).

[8] История возникновения и развития проекта SmartNet Russia. Сайт ООО «Гексагон Геосистемс Рус». – URL: http://smartnet-ru.com/o-proekte_874.htm (дата обращения 20.06.2018).

[9] Проблемы и перспективы развития активных спутниковых геодезических сетей в России и их интеграции в ITRF (по материалам XIII Международного научного конгресса «Интерэкспо Гео-Сибирь 2017», г. Новосибирск, 19-21 апреля 2017 г.) / С.А. Вдовин и др. // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т.23, №1. – с. 6-27. // – URL: <http://vestnik.ssga.ru/wp-content/uploads/2018/04/Вестник-СГУГиТ.-Т.-23-№1-2018.pdf> (дата обращения 21.06.2018).

[10] Система HIVE. Сайт НПК «Индустриальные геодезические системы». – URL: <https://hive.geosystems.aero/> (дата обращения 21.06.2018).

Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г., Трепашко С.

Бұлттық технологияларды пайдалана отырып, референцті GNSS станциялардың желілік инфрақұрылымдарын басқару жүйесін зерттеу

Түйіндеме. Бұл мақалада бұлттық технологияларды пайдалана отырып, референцті GNSS станциялардың желілік инфрақұрылымдарын басқару жүйесі қарастырылады. АҚШ-тың Ұлттық геодезиялық қызметі NGS, Германияның мемлекеттік геодезиялық қызметі AdV, Ресейдің геодезиялық жүйелері SmartNet Russia және HIVE сияқты шетелдік референцті GNSS станциялар желілерінің талдауы жасалды. Әзірленіп жатырған бұлттық технологияларды пайдалана отырып, референцті GNSS станциялардың желілік инфрақұрылымдарын басқару жүйесінің негізгі сипатамалары мен міндеттері анықталды.

Кілттік сөздер: навигация жүйесі, басқару жүйесі, GNSS станциялар, референцті станциялар жүйесі, дифференциалдық станция.

D.Yeryomin, D.Zhaxygulova, S.Trepashko

Research of a system for managing the network infrastructure of reference GNSS stations using cloud technologies

Summary: The article considers the system for managing the network infrastructure of reference GNSS stations using cloud technologies. Conduct analysis of foreign networks of reference GNSS stations such as National Geodetic Survey of USA NGS, State Geodetic Service of Germany AdV, Geodetic Systems of Russia SmartNet Russia and HIVE. The main characteristics and tasks of the developed system for managing the network infrastructure of reference GNSS stations are determined.

Keywords: navigation system, control system, GNSS stations, network of reference stations, differential station.

УДК 656.13

D. Akhmedov, D. Yeryomin, D. Zhaxygulova, S. Trepashko

(Institute of Space Technique and Technologies

E-mail: zhaxygulova@istt.kz)

MANAGEMENT OF INTERNATIONAL TRANSPORT TRANSIT CORRIDORS IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

Abstract: The article is devoted to the development of the automobile transport and logistics complex of the Republic of Kazakhstan. The peculiarities of the geographical location of the republic are considered, which determine the important role of transport in deepening regional cooperation and the development of economic sectors, open the possibility of competition in the market of transit freight traffic along the land Eurasian corridors towards China-Iran-Kazakhstan-Russia-Europe. The principles and the regulatory framework for building the architecture of intelligent transport systems are considered.

Keywords: road traffic automated control system, RTACS, intelligent transport system, ITS, international transport transit corridor, ITTC.

Д.Ш. Ахмедов, Д.И. Еремин, Д.Г. Жаксыгулова, С. Трепашко
(ДТОО «Институт космической техники и технологий», Алматы, Казахстан
E-mail: zhaxygulova@istt.kz)

УПРАВЛЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ ТРАНЗИТНЫМИ КОРИДОРАМИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

Аннотация. Статья посвящена развитию автомобильного транспортно-логистического комплекса Республики Казахстан. Рассмотрены особенности географического положения республики, которые определяют важную роль транспорта в углублении региональной кооперации и развитии отраслей экономики, открывают возможность конкуренции на рынке транзитных грузовых перевозок по сухопутным евразийским коридорам в направлении Китай-Иран-Казахстан-Россия-Европа. Рассмотрены принципы и нормативная база для построения архитектуры интеллектуальных транспортных систем.

Ключевые слова: автоматизированная система управления дорожным движением, АСУДД, интеллектуальная транспортная система, ИТС, международный транспортный транзитный коридор, МТТК.

Географические и экономические особенности Казахстана, которыми являются обширная территория, значительные запасы минеральных ресурсов, расположение центров их добычи в разных частях страны, низкий уровень переработки ресурсов и ориентированность на вывоз сырья, делают экономику страны одной из грузоемких в мире и обуславливают высокую степень зависимости от транспортной системы. Географическое положение Казахстана открывает широкие перспективы транзитных железнодорожных и автомобильных грузовых перевозок из Китая в Европу через Казахстан и Россию, что сокращает время в пути в 3-3,5 раза сравнительно с морским маршрутом.

Основная задача любой транспортной системы – обеспечение требуемой производительности. Пропускная способность автомагистралей должна соответствовать фактической (и прогнозируемой на перспективу) интенсивности движения транспорта на всех участках дороги, без образования транспортных заторов (автомобильных пробок). Первичной основой создания любой транспортной системы является строительство новых или ремонт и реконструкция (повышение технической категории) существующей сети автомобильных дорог. Развитие транспортных систем за счет строительства и реконструкции дорог есть крайне затратный экстенсивный путь развития. Современная транспортная система не ограничивается только строительством и реконструкцией дорог, предполагает интенсивное развитие путем реализации комплекса мероприятий по повышению пропускной способности магистралей за счет автоматизированного управления дорожным движением и эффективного использования дорожно-транспортной инфраструктуры. Внедрение систем управления дорожным движением связано с ростом количества автотранспорта, необходимостью решения проблем дорожных заторов, необходимостью повышения безопасности на дорогах, разделения потоков транспорта и пешеходов. Дорожные заторы существенно снижают пропускную способность автодорог, увеличивают время в пути, расход топлива и уровень загрязнения окружающей среды.

Важнейшее направление развития автомобильной отрасли и способ повышения эффективности использования дорожно-транспортной инфраструктуры есть внедрение интеллектуальных транспортных систем (ИТС). ИТС реализуют автоматический режим управления при штатной ситуации на подконтрольных магистралях, оператор выполняет контрольные функции наблюдения. Сценарии автоматического управления могут быть адаптивными и вырабатываются в режиме реального времени по результатам обработки текущих параметров транспортных потоков, либо сценарии выбираются из библиотеки сохраненных типовых сценариев по результатам сопоставления текущих и сохраненных статистических параметров движения транспорта. ИТС реализует автоматизированный режим управления при нештатных ситуациях на дороге (ДТП, ремонтные работы, помехи движению на отдельных полосах), также продолжает обработку текущих входных данных и расчет сценариев управления, при этом выдает оператору информацию о нештатной ситуации на дороге и рекомендуемый (расчетный) сценарий управления, то есть выступает в роли экспертной системы. Оператор принимает окончательное решение – либо переходит на ручное управление движением, либо не вмешивается и принимает экспертное решение (сценарий) от ИТС.

Важной социальной задачей ИТС является обеспечение безопасности на дорогах и снижение последствий ДТП. Эту задачу призвана решать государственная автоматизированная система экстренного вызова при авариях и катастрофах (ЭВАК) [1]. Казахская система ЭВАК, российская ЭРА-ГЛОНАСС [2], белорусская ЭРА-РБ и европейская eCall [3] аналогичны по назначению, используют

совместимые протоколы обмена данными, что позволяет сформировать единое пространство безопасности на дорогах Казахстана, России, Беларуси и Европы. Работа систем ЭВАК/ЭРА/eCall заключается в определении факта аварии бортовым устройством, передаче сигнала экстренного вызова (и минимального набора данных) в диспетчерский центр системы и далее в службы экстренного реагирования (спасения), для выполнения мероприятий по ликвидации последствий ДТП.

Архитектура ИТС определяет принципы организации ИТС, взаимосвязи компонентов, принципы их разработки, внедрения и оценки эффективности применения. Архитектура ИТС – это структура, в рамках которой определяют подходы к проектированию с учетом требований заказчика и пользовательских сервисов. Наиболее широко используют два подхода к построению архитектуры ИТС, разработанные в США (Национальная эталонная архитектура ИТС) [4, 5] и Европе (Европейская рамочная архитектура ИТС) [6, 7].

Национальная эталонная архитектура ИТС представлена Департаментом транспорта США в документе ARC-IT (Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation) [4] и содержит четыре уровня: организационный, функциональный, физический (компоненты) и коммуникационный. Физическая и коммуникационная архитектура ИТС США показана на схеме рисунка 1. Физический уровень включает подсистемы ИТС, распределенные на четыре класса: пассажиры, центры управления, транспортные средства и дорожная инфраструктура. Коммуникационный уровень показан в виде связей между подсистемами физического уровня. Информационное взаимодействие всех составляющих архитектуры ИТС описывается через информационные интерфейсы, которые регламентируются национальными стандартами NTCIP (National Transportation Communications for ITS Protocol). Все шаги от постановки задач, определения сервисов (для пользователей) и интерфейсов, разработки архитектуры региональной ИТС, до внедрения и эксплуатации ИТС представлены в разработанном Департаментом транспорта США руководстве «Regional ITS Architecture Guidance Document» [5]. Это руководство является методикой и пошаговым планом действий при разработке и внедрении ИТС.



Рис. 1. Схема физической и коммуникационной архитектуры ИТС США

Принципы построения европейской рамочной архитектуры FRAME [7] и внедрения ИТС в Европейском Союзе определены в 2000-х годах при реализации проектов KAREN и FP [6]. Европейская

рамочная архитектура ИТС содержит два уровня: сервисы пользователей ИТС и функциональная архитектура, которая обеспечивает реализацию сервисов (Рисунок 2).



Рис. 2. Схема европейской рамочной архитектуры ИТС

Всемирная дорожная ассоциация (PIARC) на основе тенденций развития ИТС предлагает классификацию из 32 сервисов пользователей ИТС, условно сгруппированных по 8 категориям [6]. Физическая и коммуникационная архитектуры не входят в регламентируемые уровни европейской архитектуры ИТС. Для каждого конкретного (локального) проекта ИТС предполагается разработка индивидуальной физической и коммуникационной архитектуры, с учетом особенностей и потребностей в сервисах, на основе общих принципов и в соответствии с общей моделью разработки ИТС. PIARC формирует руководства по разработке архитектуры, внедрению, оценке эффективности и практическому применению ИТС [8]. Модель разработки локальной архитектуры ИТС представлена на рисунке 3.

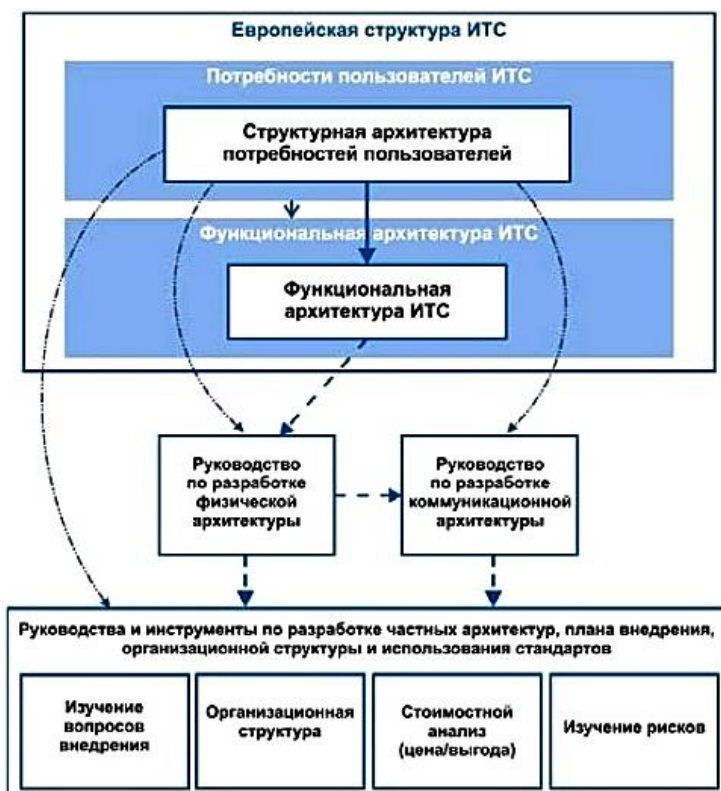


Рис. 3. Модель разработки локальной архитектуры ИТС

Российские специалисты рассматривают следующие уровни архитектуры ИТС [9]:

- опорная архитектура определяет основные исполнительные элементы и процессы в транспортной системе, важные подсистемы, определяет основные целевые характеристики системы и ее связь с окружающей средой;
- функциональная архитектура определяет функции компонентов (элементов, модулей и подсистем), включая связи между ними, в результате чего она дает возможность создавать приложения;
- информационная архитектура определяет принципы формирования структуры информационной подсистемы, включая требования к размещению, кодированию и передаче информации;
- физическая архитектура определяет физические устройства, которые исполняют отдельные функции так, чтобы было обеспечено функционирование приложений, то есть установление связей отдельных элементов, модулей и подсистем в функциональной архитектуре с соответствующими физическими устройствами (объектами);
- коммуникационная архитектура описывает процессы передачи информации в рамках системы в соответствии с физической архитектурой;
- организационная архитектура устанавливает принципы создания структуры и присвоение функций отдельным активным компонентам системы или уровням управления.

Принципы построения архитектуры ИТС рассмотрены в [9, 10]. Достижение целей ИТС обеспечивается путем предоставления пользователям востребованных услуг и сервисов. Таким образом, отправной точкой для построения архитектуры ИТС является определение потребностей и необходимых сервисов для пользователей, после чего можно приступать к построению функциональной архитектуры ИТС.

Широкое внедрение цифровых информационных технологий в систему государственного управления, в ключевые отрасли экономики Казахстана, в сферу транспорта и логистики, определено в Государственной программе «Цифровой Казахстан» [11, 12] как движущий фактор ускоренного развития экономики и улучшения качества жизни населения. Отмечен низкий уровень внедрения цифровых информационных технологий на транспорте в 2018 году – доля автомобильных дорог республиканского значения с внедренными цифровыми информационными системами составляет 0,85 %. Поставлена задача повышения уровня «цифровой» оснащенности транспортной сферы до 40 % в 2020 году и до 100 % в 2022 году. «Цифровизация» транспортной сферы должна сократить время в пути и существенно увеличить объемы грузовых и пассажирских перевозок между регионами Казахстана и транзитных перевозок из Китая через Казахстан в Европу, Турцию и Иран. Основным механизмом «цифровизации» транспорта является внедрение ИТС, включая управление дорожным движением, повышение безопасности на транспорте, видеонаблюдение и контроль соблюдения ПДД, контроль метеоусловий и состояния дорожного полотна, информирование водителей о ситуации на дорогах, динамическое взвешивание транспортных средств (в движении), электронный документооборот, автоматизированный сбор средств за пользование автодорогами, электронная оплата транспортных услуг. Качественное развитие городского транспорта и коммунального хозяйства с внедрением цифровых информационных технологий реализуется по программе «Умный город» (Smart City).

Реализация интеллектуальной транспортной инфраструктуры республики будет соответствовать мировым стандартам, транспортный комплекс будет интегрирован в мировую транспортную систему, будут созданы эффективные системы управления движением, безопасности и контроля экологии на транспорте. Все это позволит увеличить объем внутренних и транзитных перевозок, обеспечит развитие регионов и существенные финансовые поступления в бюджет государства и транспортных компаний.

Работа выполнена в рамках проекта BR05236762 «Создание аппаратно-программного комплекса управления международными транспортными транзитными коридорами, проходящими по территориям государств-участников СНГ, на основе современных информационных и коммуникационных технологий» программно-целевого финансирования КН МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] ЭВАК. Официальный сайт ГАИС ЭВАК РК. – URL: <http://evak.online/> (дата обращения 17.05.2018).
- [2] ЭРА-ГЛОНАСС. Сайт АО «Навигационно-информационные системы» («НИС ГЛОНАСС»). – URL: http://www.nis-glonass.ru/projects/era_glonass/ (дата обращения 17.05.2018).
- [3] eCall. Road Safety. Transport. Сайт European Commission. – URL: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/specialist/knowledge/esave/esafety_measures_unknown_safety_effects/ecall_en (дата обращения 03.07.2018).
- [4] Architecture Reference for Cooperative and Intelligent Transportation (ARC-IT). Сайт US Department of Transportation. – URL: <http://local.iteris.com/arc-it/> (дата обращения 28.06.2018).

- [5] Regional ITS Architecture Guidance Document. Federal Highway Administration. Сайт US Department of Transportation. – URL: <https://ops.fhwa.dot.gov/publications/regitsarchguide/> (дата обращения 28.06.2018).
- [6] Кабашкин И.В. Интеллектуальные транспортные системы: интеграция глобальных технологий будущего. Журнал «Транспорт Российской Федерации». 2010. №2 (27). – с. 34–38. – URL: <http://rostransport.com/transportrf/pdf/27/34-38.pdf> (дата обращения 28.06.2018).
- [7] FRAME Architecture. Сайт European Intelligent Transport Systems (ITS) Framework Architecture. – URL: <http://frame-online.eu/> (дата обращения 03.07.2018).
- [8] ITS architecture. Road Network Operations & ITS. Сайт World Road Association. – URL: <https://rno-its.pi-arc.org/en/systems-and-standards/its-architecture> (дата обращения 28.06.2018).
- [9] Криволапова О.Ю. Построение архитектуры интеллектуальных транспортных систем // Молодой ученый. – 2012. – №12. – с. 80-83. – URL: <https://moluch.ru/archive/47/5771/> (дата обращения: 20.05.2018).
- [10] Евстигнеев И.А. Интеллектуальные транспортные системы на автомобильных дорогах федерального значения России. – М.: Изд-во «Перо», 2015. – 164 с.
- [11] Государственная программа «Цифровой Казахстан» на 2018-2022 годы, утверждена постановлением Правительства Республики Казахстан от 12 декабря 2017 года № 827.
- [12] Digital Kazakhstan. Официальный Интернет-ресурс Государственной программы «Цифровой Казахстан». – URL: <https://digitalkz.kz/ru/> (дата обращения 23.07.2018).

Ахмедов Д.Ш., Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г., Трепашко С.

Қазақстан Республикасында халықаралық көліктік транзиттік дәліздерін басқару

Түйіндеме. Мақала Қазақстан Республикасының автомобиль көлігі мен логистикалық кешенін дамытуға арналған. Республиканың географиялық орналасуының ерекшеліктері қарастырылып, ол аймақтық ынтымақтас-тықты тереңдету және экономикалық салаларды дамытуда маңызды рөл атқарады, Еуразия дәліздерін Қытай-Иран-Қазақстан-Ресей-Еуропа бағытындағы транзиттік жүк тасымалы нарығында бәсекелестіктің мүмкіндігін анықтайды. Зияткерлік көлік жүйелерінің архитектурасын құрудың принциптері мен нормативтік базасы қарас-тырылады.

Кілттік сөздер: жол қозғалысын автоматтандырылған басқару жүйесі, ЖҚАБЖ, интеллектуалды көлік жүйелері, ИКЖ, халықаралық көліктік транзиттік дәліздер, ХКТД.

УДК 621.777

S. A. Mashekov, E. Z. Nugman, A.K. Mustafa, N. S. Tolebaev, B. A. Bekbossynova

(¹Satpayev University, Kazakhstan, Almaty

E-mail: mashekov.1957@mail.ru)

**DESIGN OF BASE CONSTRUCTION OF THE RADIAL-SHIFTING MILL AND STRENGTH
CALCULATION OF ITS WORKING STAND**

Abstract. The article presents the new design of the radial-shifting mill. Radial shifting mill (RSM) is a system of rolling and heating equipment, which is aimed for hot screw rolling of the rods and tubes of small diameters. Three-high working stand of RSM consists of the base, in counterbore of which the blocks of the working rolls are installed through 120° angle. The working rolls are installed on the roll chock, and the rolling torque to which are passed through the spindles from the electric motor. The stands of the new mill are constructed with the possibility to change the location of the rolls by different angles relative to the rolling axis and tangential displacement relative to it by 18 mm. The parameters, revealing the relative position of the rolling and rolls axis, were determined as a result of the study of operational experience of the screw rolling mills. Autodesk Inventor software, which is the standard software for metal processing calculations, was explored to compute the stress-strain state of heavy-duty elements of the purposed mill. It is proved, that during rolling in the mill of new design, the values of the elastic deformation and the displacement of the heavy-duty elements of the stand is small. The conducted study also showed, that the mill had quit high stiffness of the stand, whereas the equivalent tensions, appeared in the heavy-duty elements, did not exceed the maximum permissible amount of strength at failure for defined material.

Key words: rolling, radial-shifting mill, rods, tube, stand, base, strain, deformation

С.А. Машеков, Е.З. Нугман, А.Қ. Мустафа, Н.С. Төлебаев, Б. А. Бекбосынова
(Сатпаев университеті, Алматы, Республика Казахстан,
E-mail: mashekov.1957@mail.ru)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИАЛЬНО-СДВИГОВОГО СТАНА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ И РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ЕГО РАБОЧЕЙ КЛЕТИ

Аннотация. В статье предложен радиально-сдвиговой стан новой конструкции. Радиально-сдвиговой стан (РСС) представляет собой комплекс прокатного и нагревательного оборудования, предназначенного для горячей винтовой прокатки прутков и труб малых диаметров. Трехвалковая рабочая клеть РСС состоит из станины, в расточках которой через 120° смонтированы узлы рабочих валков. Рабочие валки смонтированы на подушках, крутящий момент, которым передается через шпиндели от электродвигателей. Клеть нового стана сконструирована с возможностью расположения валков в клетке с различными углами к оси прокатки и тангенциальным смещением относительно ее на 18 мм. Параметры, характеризующие взаимное положение осей прокатки и валков, были определены в результате изучения опыта эксплуатации станов поперечно-винтовой прокатки. Используя специализированный программный продукт для расчета процессов обработки металлов Autodesk Inventor, рассчитали напряженно-деформированное состояние тяжело нагруженных элементов предлагаемого стана. Доказано, что при прокатке в новом стане величина упругой деформации и перемещения тяжело нагруженных элементов клетки невелика. Проведенным исследованием так же доказано достаточно высокая жесткость клетки и возникающие в тяжело нагруженных элементах эквивалентные напряжения не превышают максимально допустимое для данного материала значение предела прочности.

Ключевые слова: прокатка, радиально-сдвиговой стан, пруток, труба, клеть, станина, напряжение, деформация.

Введение

Из цветных металлов изготавливается широкий ассортимент продукции, в котором важное место занимают сплошные и пустотелые профили разнообразной конфигурации. Технология их производства на большинстве заводов стран СНГ отличается дискретностью операций плавки, литья, разделки слитков, термообработки, прессования, а применяемое оборудование – большой энерго- и металлоемкостью, требует значительных производственных площадей, что, в конечном счете, повышает себестоимость продукции. В связи с этим задача повышения эффективности производства профилей из цветных металлов является одной из первостепенных и актуальных.

Известные способ прессования позволяют получать как сплошные, так и полые изделия различного типоразмера [1-3]. Однако после каждого цикла прессования остаются отходы металла в виде пресс-остатка, а последующая закладка заготовки в контейнер сказывается на снижении производительности процесса.

Одним из способов решения вышеперечисленных недостатков является внедрение непрерывных процессов прессования профилей, позволяющих значительно снизить себестоимость и повысить качество пресс-изделий [4-6]. В последние годы этому способствуют работы специалистов дальнего и ближнего зарубежья, занимающихся теоретическими и технологическими проблемами пруткового и трубопрофильного производства, уделяющих все большее внимание исследованию и реализации инновационных процессов непрерывного прессования цветных металлов. Это внимание объясняется тем, что освоение процессов непрерывного прессования соответствует прогрессивным направлениям развития металлообрабатывающих производств.

Следует отметить, что специалистами стран ближнего и дальнего зарубежья разработаны и внедрены в промышленность агрегаты непрерывного литья и прессования [7-9]. Непрерывное литье и прессование цветных металлов, позволяют повысить технико-экономические показатели изготовления мелкосортной продукции по сравнению с традиционным прессованием на горизонтальных гидравлических прессах. Работу над решением этой проблемы стимулирует создание и широкое распространение в последние годы способов непрерывного прессования цветных металлов Конформ, Экстроллинг, Линекс, совмещенная прокатка-прессование (СПП).

В направлении непрерывного прессования уже в течение многих лет ведут исследования ученые стран СНГ [10]. Они усовершенствовали непрерывные процессы как Конформ, так и литья-прессования, а также технологию получения пресс-изделий из алюминиевых сплавов. Несколько позже появилось направление, связанное с созданием новых устройств и технологий непрерывного литья и прессования на базе метода СПП, имеющего несомненные преимущества по сравнению с известными методами обработки цветных металлов. Так, например, энергосиловые затраты при прессовании одних и

тех же пресс-изделий в десятки раз ниже по сравнению с методами прямого прессования на горизонтальных гидравлических прессах и в 4-5 раз ниже при прессовании методом Конформ. Если перейти на ими разработанный бесслитковый способ производства пресс-изделий методом совмещенного литья, прокатки и прессования (СЛИПП), эти затраты окажутся еще ниже.

Необходимо особо выделить, что исследователям стран СНГ, несмотря на имеющиеся многочисленные авторские свидетельства и патенты, попытки создания таких установок не удались вследствие отсутствия автоматизированной системы отвода тепла от рабочего инструмента [7]. Действительно, применение ими разработанных способов приводит к сильному разогреву инструмента, контролировать и управлять которым в процессе деформации достаточно сложно.

Следует отметить, что большинство вышеперечисленные способы не нашли должного применения в промышленности, так как предложенные технические решения не обеспечили устойчивого протекания процесса и создания необходимых для экструдирования металла давлений [8]. При этом, по сечению заготовки не развивается мощные сдвиговые деформации металла, что не создает условия для хорошей проработки структуры металла и повышению его свойства.

На основе вышесказанного можно сделать заключение, что в настоящее время очень остро стоит вопрос развития радиально-сдвигового стана (РСС) для прессования прутков и труб, позволяющий производить изделия из цветных металлов высокого качества.

Для решения вышеперечисленных проблем, нами предлагается энергосберегающий РСС непрерывного прессования с программным управлением, позволяющий без пресс-остатков с высокой производительностью изготавливать прутки и трубы различного типоразмера.

Цель исследования: проектирование радиально-сдвигового стана новой конструкции и расчет прочности его рабочей клетки

Материалы и методики исследований

Радиально-сдвиговый стан представляет собой комплекс прокатного и нагревательного оборудования, предназначенного для горячей винтовой прокатки прутков и труб малых диаметров (рисунок 1). Трехвалковая рабочая клетка РСС состоит из станины, в расточках которой через 120° смонтированы узлы рабочих валков. Рабочие валки смонтированы на подушках, крутящий момент, которым передается через шпиндели от электродвигателей. Клетки нового стана сконструированы с возможностью расположения валков в клетке с различными углами к оси прокатки и тангенциальным смещением относительно ее на 18 мм. Параметры, характеризующие взаимное положение осей прокатки и валков были определены в результате изучения опыта эксплуатации станков поперечно-винтовой прокатки.

В работе применен системный подход к конструированию рабочей клетки РСС новой конструкции. При этом используя систему «очаг деформации металла – рабочая клетка – радиально-сдвиговый стан» было разработана конструкторско-технологическая документация, обеспечивающий изготовление прутков и труб с заданными свойствами.

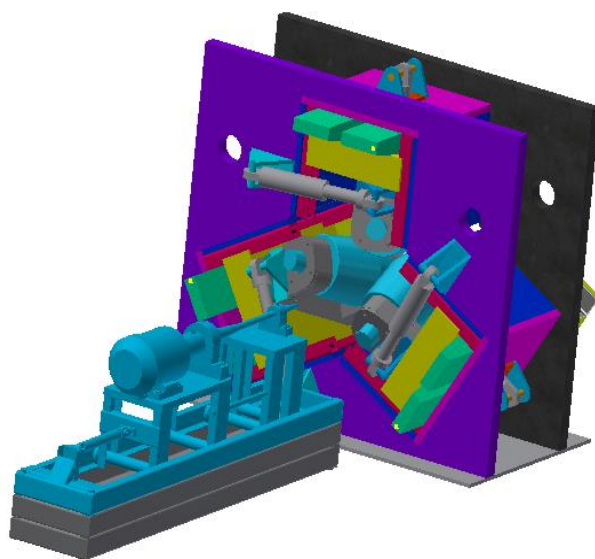


Рис. 1. Радиально-сдвиговый стан

Согласно разработанной системе, методика проектирования прокатной клетки нового стана была разделена на следующие этапы:

1. Выбор рациональных вариантов взаимного расположения валков и заготовки в клетке радиально-сдвигового стана. Нахождение кинематических параметров очага деформации.
2. Проектирование рациональной конструкции опорных элементов подушек РСС.
3. Разработка принципиальной схемы и конструкции механизма установки подушек РСС.
4. Проектирование механизма прошивки заготовки и прессования труб на РСС.
5. Разработка конструкции матрицы для прессования прутков и труб на РСС.
6. Конструирования силовых элементов станины рабочей клетки РСС, гарантирующее минимальное перемещение рабочих валков при заданном нагрузке.
7. Разработка технического проекта, обеспечивающее оптимальное условие эксплуатации РСС.
8. Расчет напряжено-деформированного состояния тяжело нагруженных элементов станины рабочей клетки РСС с применением метода конечных элементов.
9. Корректировка конструкции клетки РСС для снятия максимальных напряжений.
10. Рабочее проектирование РСС.

Конструирования клетки нового РСС производили на основе следующих принципов:

- применение станины клетки закрытого типа;
- расположение рабочих валков при переменных углах подачи и прокатки;
- вывод механизма установки валков из зоны непосредственного действия усилия прокатки.

Рабочая клетка РСС имеет две сплошную станину квадратной формы. В сквозных проемах располагается механизмы установки подушек верхней и нижних рабочих валков. Для приближения и разведение верхней и нижних валков их механизм установки подушек перемещаются при помощи клиньев с вращающимся винтом, который приводится в движение от мотор-редуктора, установленного на станине.

В конструкции клетки РСС предусмотрено регулирование угла подачи и угла к оси прокатки. Максимальные значения углов подачи равняется 18 мм, при этом угол к оси прокатки может регулироваться. Их значения определены конструктивно, исходя из возможности расширение технологии прокатки на новом РСС. Станина клетки РСС состоит из двух монолитной плит толщиной 30 мм. Данная плита установлено вертикально на основании РСС. Следует отметить, что на вышесказанные плиты прилагается максимальное суммарное усилие прессования. В связи с этим от их прочности зависит жесткость конструкции станины.

Для увеличения жесткости станины РСС к плитам прикреплены ребра жесткости. Внутри сквозных проемов и по периметру плит сваркой прикреплены прочные пластины толщиной 50 мм. Данные плиты используются как направляющие для механизма установки подушки валков и клиньев нажимного механизма.

Для ликвидации все возможных зазоров между валками и подушкой, клиновым механизмом и станией, каждый механизм установки подушки снабжен гидроцилиндрами.

На рисунке 2 в эскизном виде показана сконструированная рабочая клетка РСС для прессования прутков из труб и цветных металлов.

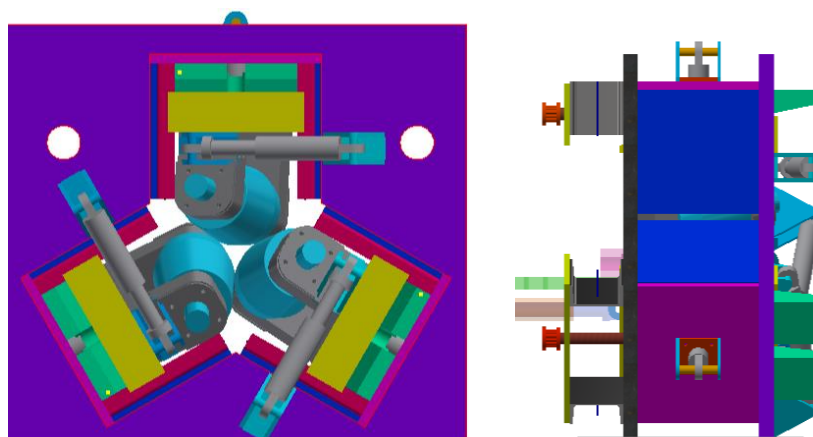


Рис. 2. Общие виды клетки радиально-сдвигового стана для прессования прутков и труб из цветных металлов

Для оценки прочности и жесткости элементов конструкции РСС в САПР Autodesk Inventor была разработана 3D модель его рабочей клетки (рисунок 2). Моделирование тяжело нагруженных элементов конструкции радиально-сдвигового стана было реализовано в параметрической форме, что позволило быстро проанализировать напряженно-деформированное состояние детали клеток нового стана в зависимости от действующих нагрузок.

Известно, что жесткость рабочей клетки является величиной, характеризующей упругую деформации рабочей клетки при прокатке. Данную величину можно описать модулем жесткости, т.е. величиной усилия прокатки, необходимого для единичной деформации, или смещением тяжело нагруженных элементов стана [11,12]. От жесткости рабочей клетки, т.е. от жесткости станины, упругости валкового узла, подшипников, нажимного устройства зависит точность проката [13]. Прочность клетки стана зависит от действующих на материал его деталей напряжений, возникающих под воздействием внешних сил. Известно, что данную величину можно описать коэффициентом запаса прочности.

Рабочие клетки предлагаемого прокатного стана представляют собой многокомпонентную машину, включающую вращающиеся прокатные валки, подшипники, станину, установочные механизмы валков, устройства крепления и другие узлы и детали. Конструирование такой машины является весьма сложным и трудоемким процессом, требующим проведения большого объема расчетных и графических работ.

В настоящее время для конструирования рабочей клетки наиболее эффективно применение САД-системы среднего уровня (например, SolidWorks или Autodesk Inventor) с интегрированным в ее состав расчетным САЕ-модулем, предназначенным для решения упругих задач механики деформируемого твердого тела методом конечных элементов [14].

Учитывая вышесказанное, методику расчета рабочей клетки реализовали с использованием программы конечно-элементного анализа Autodesk Inventor. Система компьютерного моделирования Autodesk Inventor позволяет исследовать кинематику, динамику механизмов с возможностью расчета напряженно-деформированного состояния (НДС), как отдельных звеньев, так и механизма в целом.

При расчете рабочей клетки в среде Autodesk Inventor нами было выполнены следующие операции:

- создание геометрической модели каждой детали и сборка узлов клеток;
- выбор материалов деталей, их механические и физические свойства (модуль упругости, плотность, коэффициент Пуассона, предел прочности и т.п.);
- формирование кинематических и статических граничных условий;
- создание сетки конечных элементов детали;
- определение напряженно-деформированного состояния;
- оценка уровня полученных упругих деформаций и напряжений в объеме каждой детали относительно требуемых критериев жесткости и прочности и введение соответствующих изменений в конструкцию рабочей клетки.

Таким образом, картину распределения напряжений и деформации в тяжело нагруженных деталях стана изучали в сборной конструкции клетки РСС (рисунок 2). По программе САПР Autodesk Inventor построили 3D модель рабочей клетки РСС. Из библиотеки данной программы назначили материал для каждой детали: для станины применили сталь Ст3, для рабочих валков назначили сталь 35ХМ, для подшипников использовали бронзу БрА10ЖЗМц2 и т.д.

Исходными данными для расчета являются твердотельная геометрическая форма конструкции рабочей клетки, силы и условия закрепления, приложенные к ним, а также условия сопряжения кинематических пар конструкции клеток.

Сборочная трехмерная геометрическая модель рабочей клетки была построена в САД программе Inventor, и посредством встроенного транслятора импортирована в среду Autodesk Inventor с принятыми кинематическими связями. Данный подход позволяет улучшить связь этапов автоматизированного проектирования сложных механизмов. Для возможности автоматической коррекции геометрии модели рабочей клетки был использован метод параметризации геометрических размеров конструкции. Данный метод позволяет по результатам расчета на прочность, вносить соответствующие изменения в конструкцию рабочей клетки.

Преимуществом применения Autodesk Inventor к проектированию рабочей клетки является [14]:

- возможность в единой интегрированной среде конструирования и расчета создавать твердотельные модели деталей клетки и рассчитывать НДС этих деталей в каждой точке их объема;
- способность моделировать сборку отдельных узлов и всей клетки в целом;

- возможность по моделям в автоматизированном режиме получать рабочие чертежи с соблюдением правил ЕСКД;
- наличие библиотек стандартных изделий, материалов и текстур, освобождающих пользователя от необходимости поиска в справочной литературе и ввода таких данных, как коэффициент Пуассона, модуль упругости, предел прочности материалов и др.

Прочность и жесткость рабочих валков РСС исследовали при горячей прокатке прутков из сплава Д16 диаметром 10 мм. В качестве исходной заготовки использовали подкат диаметром 50 мм.

Результаты и обсуждение

После выполнения всех операций по заданию начальных условий имитационного моделирования, произвели расчет НДС деталей клетки нового стана. В результате получены картины распределения эквивалентных напряжений (рисунок 3,а) и деформации (рисунок 3,б), а также перемещений (рисунок 4,а) и коэффициента запаса прочности (рисунок 4,б) рабочей клетки.

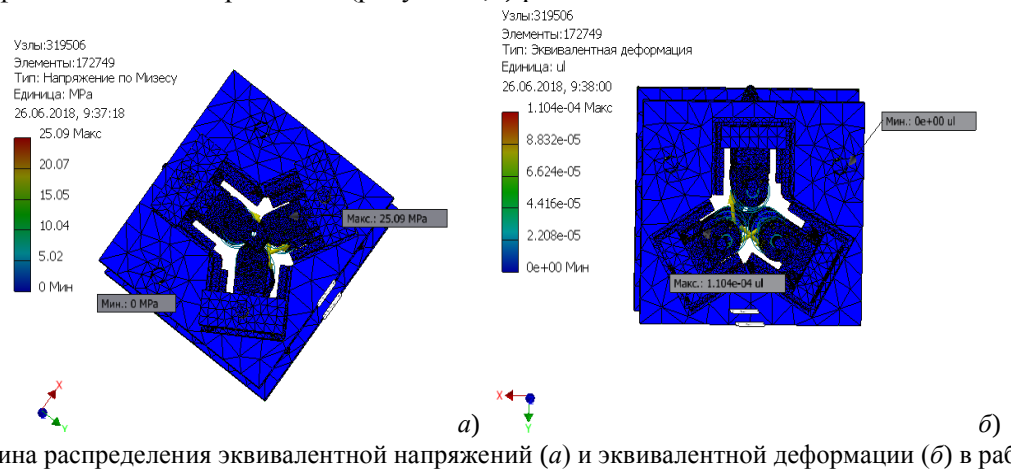


Рис. 3. Картина распределения эквивалентной напряжений (а) и эквивалентной деформации (б) в рабочей клетки радиально-сдвигового стана

В результате проведенного имитационного моделирования были получены данные, опираясь на которые, можно произвести коррекцию клетки РСС на этапе проектирования.

Проведенные на конечно-элементных моделях расчеты показали, что:

- полученные максимальные значения эквивалентных напряжений (25,1 МПа) и деформации (0,0011) не превышают максимально допустимое для данного материала значение предела прочности 930 МПа. При этом максимальные значения напряжений и деформаций наблюдаются в валках нового стана;
- картина распределения смещения согласуется с деформированной формой конструкции. Максимальное значение смещения (смещение 0,0289 мм) наблюдается в валках РСС;
- распределение запаса прочности, по конструкции в целом удовлетворяет условию прочности, при принятом коэффициенте запаса прочности 5.

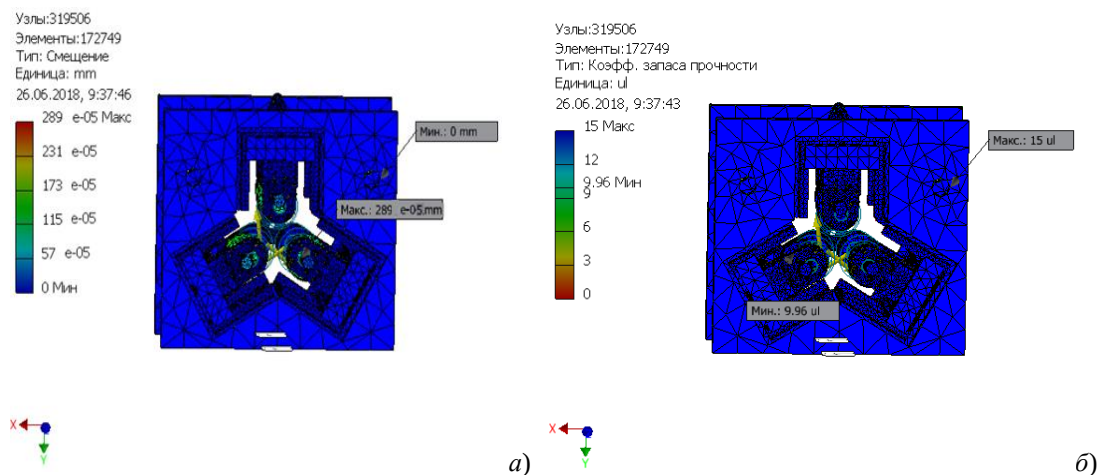


Рис. 4. Картина распределения перемещений (а) и коэффициента запаса прочности (б) рабочей клетки радиально-сдвигового стана

Таким образом, максимальная эквивалентной напряжений величина возникает в бочке валка и составляет 25,1 МПа. Это величина в 40 раза меньше предела прочности для стали 35ХМ (930 МПа) [13,15]. Напряжения в станине клетки составили 5,4 МПа, что также существенно меньше предела прочности для материала станины (570 МПа для стали Ст3) [13,15].

Максимальные перемещения под действием усилия прокатки составляют 0,03 мм и возникают в местах приложения соприкосновения заготовки с валками. Полученные значения перемещения находятся в пределах допуска на диаметральные размеры круглых заготовок диаметром менее 20 мм. Для станины наибольшее перемещение равно 0,006 мм и возникает в верхней ее части станины.

Анализ полученных данных имитационного моделирования показывает, что клеть имеет достаточный запас прочности. Рассчитанное общее смещение обеспечивает получение круглых заготовок с диаметрными размерами высокой точности.

Выводы

1. На основании данных полученных по вышеупомянутым методикам была спроектирована рациональная конструкция рабочих клеток РСС закрытого типа с клиновыми нажимными механизмами.
2. Распределение запаса прочности тяжелоаруженных элементов клеток нового РСС удовлетворяет условию прочности (рассчитанный запас прочности не превышает принятый коэффициент запаса прочности);
3. Показано, что максимальные значения эффективного напряжения не превышают максимально допустимое для материала клетки значение предела прочности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Горохов, Ю.В. Основы проектирования процессов непрерывного прессования металлов: монография/ Ю.В. Горохов, В.Г. Шеркунов, Н.Н. Довженко [и др.] – Красноярск: Сибирский Федеральный ун-т, 2013. – 224 с.
- [2] Беспалов В. М. Исследование совмещенных процессов обработки сплавов системы Al-Zr для получения длинномерных деформированных полуфабрикатов электротехнического назначения: Дисс. канд. техн. наук. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2014, – 180 с.
- [3] Довженко, Н.Н. Прессование алюминиевых сплавов: моделирование и управление тепловыми условиями: монография/ Н.Н. Довженко, С.В. Беляев, С.Б. Сидельников [и др.] – Красноярск: Сибирский Федеральный ун-т, 2009. – 256 с.
- [4] Рааб, Г.И. Развитие научных основ технологий интенсивной пластической деформации и создание оборудования по схеме равноканального углового прессования для получения ультрамелкозернистых металлических полуфабрикатов: дис. ... д-ра техн. наук/ Рааб Гергий Иосифович. – Уфа, 2009. – 36 с.
- [5] Фахретдинова, Э.И. Сравнительный анализ математического и физического моделирования нового метода интенсивной пластической деформации мультикупконформ/ Э.И. Фахретдинова, Г.И. Рааб// Цветные металлы– 2014: сб. докладов шестого международного конгресса. – Красноярск: ООО«Версо», 2014. – С. 1207-1212.
- [6] Рааб, Г.И. Равноканальное угловое прессование длинномерных заготовок/ Г.И. Рааб, Р.З. Валиев// Цветная металлургия. 2000. – №5. – С. 50-53.
- [7] Сидельников, С.Б. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов: монография/ С.Б.Сидельников, Н.Н. Довженко, Н.Н. Загиров– М.:МАКС Пресс, 2005. – 344 с.
- [8] Рааб, Г.И. Разработка и исследование метода СЛиПП-ИПД для получения алюминиевых полуфабрикатов высокого качества / Г.И. Рааб, Э.И. Фахретдинова, Р.З. Валиев // Журнал Сибирского Федерального университета. Серия: техника и технологии. Красноярск, 2014. – Т.7. – №3. – С. 309-315.
- [9] Харитонов В.А., Радионова Л.В.. Проектирование ресурсосберегающих технологий производства высокопрочной углеродистой проволоки на основе моделирования: Монография. – Магнитогорск: ГОУ ВПО«МГТУ», 2008.- 171 с.
- [10] Утяшев Ф. З. Современные методы интенсивной пластической деформации: учебное пособие/ Ф.З. Утяшев; Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. - Уфа: УГАТУ, 2008.-313 с.
- [11] Иванченко Ф.К., Полухин П.И., Тылкин М.А., Полухин В.П. Динамика и прочность прокатного оборудования. М.: Металлургия, 1970. 352 с.
- [12] Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. Учебное пособие для вузов. М.: Металлургия, 1985. 376 с.
- [13] Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов. Учебное пособие для вузов. М.: Металлургия, 1985. 376 с.
- [14] Валерий Концевич: Современный самоучитель работы в Autodesk Inventor, М.: ДМК-Пресс, 2009. – 271 с.
- [15] Официальный сайт акционерной холдинговой компании«ВНИИМЕТ-МАШ им. А.И. Целикова» [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <http://www.vniimetmash.ru/produktsiya>(дата посещения 20.07.2014).

Ch.A. Alimbayev¹, K.A. Ozhikenov¹, A.K. Ozhikenova², Zh.A. Alimbayeva¹, N. Bayanbay¹

(¹Institute of Industrial Engineering, Satpaev University, Almaty, Kazakhstan.

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

Chingiz_kopa@mail.ru)

INTERFERENCE-PROTECTED PRE-TREATMENT OF THE ELECTROCARDIOGRAM

Abstract. The problem of increasing the efficiency of noise-immune processing of electrocardiosignal in systems of non-invasive cardio diagnosis in conditions of free patient activity is an actual and timely task, which requires special approaches for its solution. In the article the ways of the decision of the basic problems of noise-immune processing of electrocardiosignal with free activity are given and the following methods of the decision are offered: formation of an estimation of a hindrance in the absence of a useful signal; the Hilbert-Huang transformation; adaptive aggregation of filters.

Key words: noise-immune processing, electrocardiogram, Hilbert–Huang transform

Ч.А. Алимбаев¹, К.А. Ожикенов¹, А.К. Ожикенова², Ж.А. Алимбаева¹, Н. Баянбай¹

(¹Сатпаев университет, Алматы, Республика Казахстан

²Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан

Chingiz_kopa@mail.ru)

ПОМЕХОЗАЩИЩЕННАЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА

Аннотация. Проблема повышения эффективности помехоустойчивой обработки ЭКС в системах неинвазивной кардиодиагностики в условиях свободной активности пациентов является актуальной и своевременной задачей, требующей для своего решения особых подходов. В статье приводятся пути решения основных проблем помехоустойчивой обработки ЭКС при свободной двигательной активности и предложены следующие методы решения: формирование оценки помехи в отсутствии полезного сигнала; преобразование Гильберта-Хуана; адаптивная агрегация фильтров

Ключевые слова: Помехоустойчивая обработка, Электрокардиограмма, преобразование Гильберта-Хуана

1.1 Концепция помехоустойчивой обработки ЭКС в условиях двигательной активности

Приведём основные четыре проблемы помехоустойчивой обработки ЭКС при свободной двигательной активности:

- априорная неопределенность сигнально-помеховой обстановки;
- сложная частотно-временная структура ЭКС;
- негауссовость и пересечение спектров полезного сигнала и помех;
- необходимость сохранения формы полезного сигнала.

Подробное описание решения указанных проблем приведено в [[1],10,11].

Здесь ограничимся кратким описанием путей решения.

Для преодоления априорной неопределенности сигнально-помеховой обстановки целесообразно сформировать оценку помехи в отсутствии полезного сигнала. При этом постулируется следующее.

1. Сегментацию ЭКС возможно провести при значительном уровне помех, при этом можно обойтись без априорной информации о плотности распределения вероятностей (ПРВ) и дисперсии помех.

2. Все регистрируемые сигналы на ТР сегменте ЭКС являются помехами. Выделение ТР сегмента ЭКС позволяет оценить помеху не только для этого участка, но и для всего кардиоцикла ЭКС. Это связано с тем обстоятельством, что кардинальное изменение свойств и характеристик помехи в течение одного кардиоцикла маловероятно, поэтому в рамках одного кардиоцикла с высокой достоверностью помеху можно считать стационарной, а выделенный участок изолинии – реальной помеховой составляющей всего кардиоцикла ЭКС [12-14].

Эти постулаты позволяют выбрать метод решения проблемы – формирование оценки помехи на неинформативном участке ЭКС.

Рассмотрим вторую проблему, связанную со сложной частотно-временной структурой ЭКС. Для решения этой проблемы постулируется следующее: «адаптивное частотно-временное представление ЭКС повышает эффективность обработки». Методы решения проблемы – преобразование Гильберта-Хуана и адаптивная агрегация фильтров.

Для решения третьей и четвертой проблем «негауссовость и пересечение спектров полезного сигнала и помех» и «необходимость сохранения формы полезного сигнала» постулируется следующее: «применение нелинейных процедур при обработке ЭКС повышает эффективность подавления помех». Применение нелинейных процедур реализуется в рамках преобразования Гильберта-Хуана и адаптивной агрегации фильтров.

Для решения четвертой проблемы постулируется следующее: «локально-адаптивная фильтрация повышает эффективность подавления помех». Предложен метод решения проблемы – применение принципа адаптивной агрегации фильтров.

В таблице 1 показана связь проблем обработки ЭКС, принятых постулатов и предлагаемых методов решения.

Таблица 1. Связь проблем, гипотез и предлагаемых методов решения

	Проблемы при обработке ЭКС	Гипотезы (положения концепции)	Предлагаемые методы решения
1	Априорная неопределенность СПО	На ТР– помехи всего КЦ. Принципиальная возможность сегментации ЭКС при высоком уровне помех	Формирование оценки помехи в отсутствии полезного сигнала
2	Сложная частотно-временная структура ЭКС	Адаптивное частотно-временное представление ЭКС. Локально-адаптивная фильтрация	Преобразование Гильберта-Хуана Адаптивная агрегация фильтров
3	Негауссовость и пересечение спектров полезного сигнала и помех	Локально-адаптивная фильтрация Нелинейные процедуры	
4	Необходимость сохранения формы полезного сигнала	Нелинейные процедуры	

Таким образом, выбраны и обоснованы три перспективных метода, обеспечивающих повышение эффективности помехоустойчивой обработки ЭКС:

- формирование оценки помехи в отсутствии полезного сигнала,
- применение адаптивного разложения по локально сосредоточенным базисам,
- адаптивная агрегация фильтров.

Таблица 1 является основой для графической иллюстрации концепции помехоустойчивой обработки ЭКС (рисунок 1).

Эти три метода, в принципе, решают все проблемы при обработке ЭКС. Объединение методов позволяет за счет синергетического эффекта повысить эффективность подавления помех в ЭКС и, соответственно, диагностическую эффективность средств автоматического анализа ЭКС.

Концепция имеет три уровня: проблемы обработки ЭКС; положения концепции (гипотезы) помехоустойчивой обработки ЭКС; методы помехоустойчивой обработки ЭКС.

Предложенная концепция является основой для разработки концептуального подхода к обработке ЭКС в условиях двигательной активности и методики оценки эффективности алгоритмов помехоустойчивой обработки ЭКС.

На основе концепции разработан концептуальный подход к помехоустойчивой обработке на основе преобразования Гильберта-Хуана (ПГХ), построения и анализа поверхности энергетической плотности (ПЭП), вычитания из ПЭП помехи, сегментации, формирования оценки помехи, адаптивной агрегации фильтров. Графическая иллюстрация концептуального подхода к помехоустойчивой обработке ЭКС показана на рисунке 2.



Рис. 1. Концепция помехоустойчивой обработки ЭКС в условиях двигательной активности

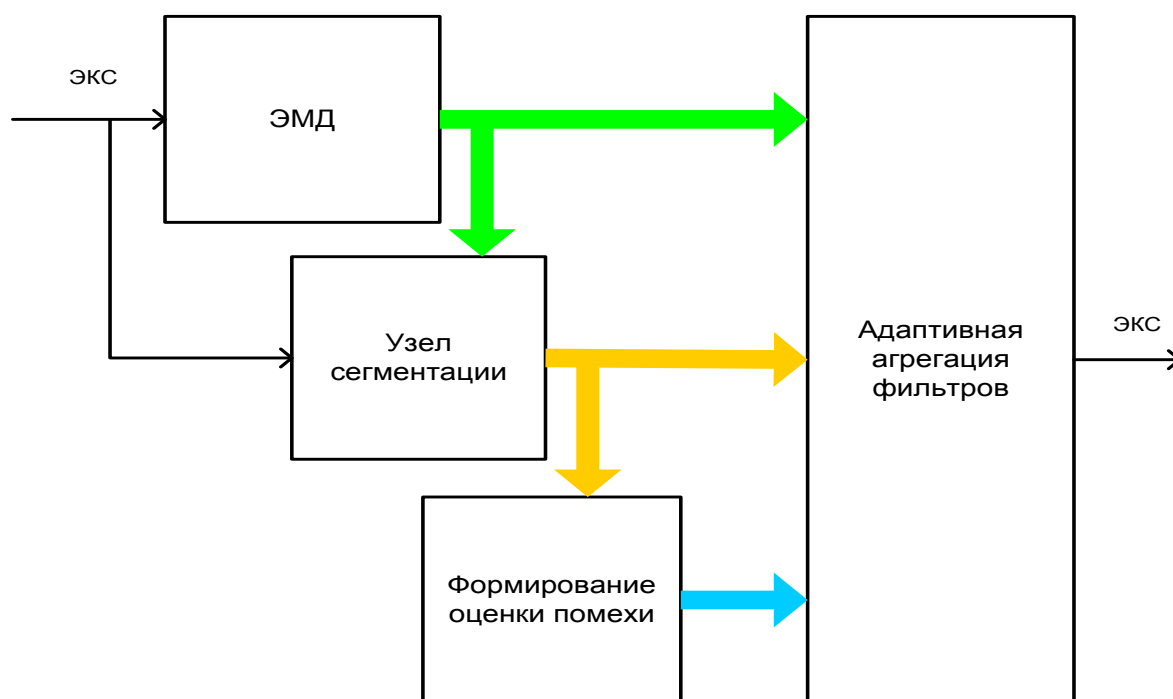


Рис. 2. Концептуальный подход к помехоустойчивой обработке на основе ПГХ, формированию оценки помехи и адаптивной агрегации фильтров

Для выявления диагностических признаков проводится сегментация либо входного ЭКС, либо эмпирических мод (ЭМ), полученных в результате эмпирической модовой декомпозиции (ЭМД). При этом в зависимости от сложности ЭКС, интенсивности помех и СПО решение принимается в самом узле сегментации. Информация с узла сегментации позволяет подобрать эффективные фильтры для различных участков ЭКС, кроме того, сегментация ЭКС позволяет сформировать оценку помехи при отсутствии полезного сигнала, которая используется для выбора фильтров и их параметров в узле адаптивной агрегации фильтров (ААФ). Пример сегментации (частотной и временной декомпозиция ЭКС) приведен на рисунке 3.

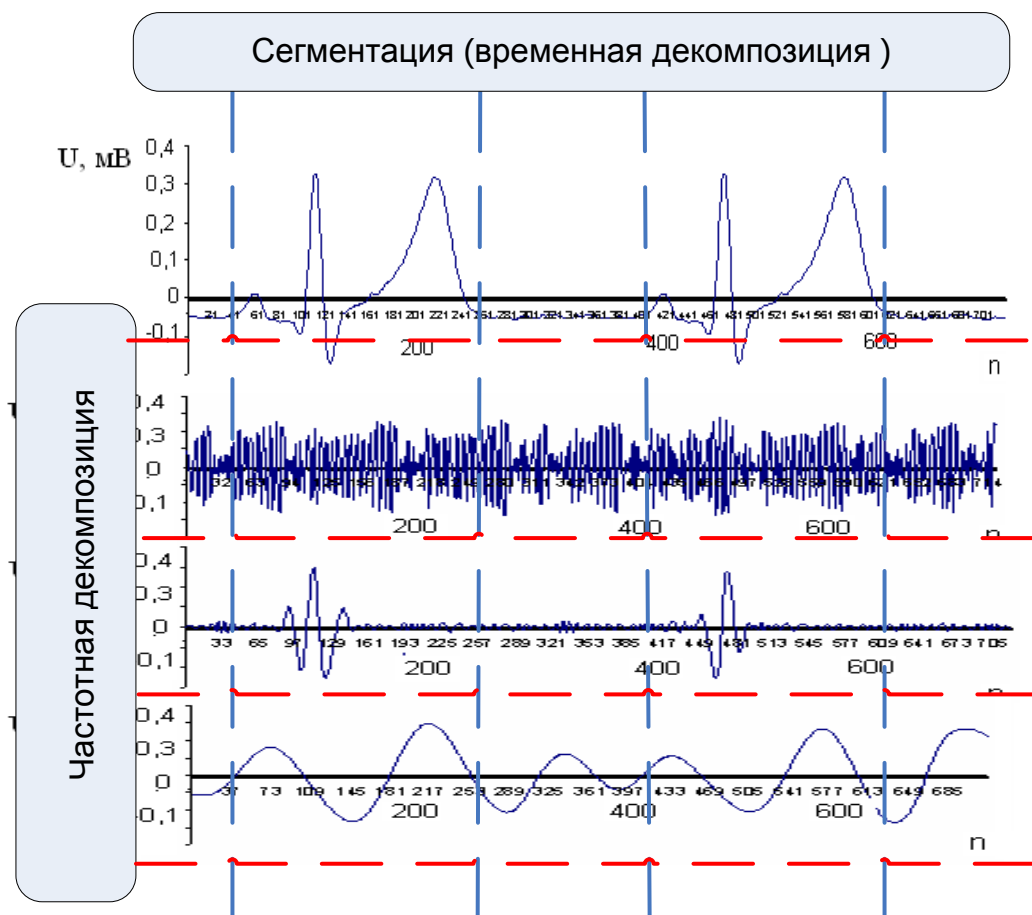


Рис. 3. Частотная и временная декомпозиция ЭКС

1.2 Алгоритм подавления помех на основе формирования опорной поверхности энергетической плотности и удаления локальных областей низкой энергии

Алгоритм состоит в том, что подавление помех в ЭКС осуществляется за счет построения и анализа ПЭП частотных составляющих ЭКС (полученных посредством ЭМД), с последующим выделением и удалением локальных областей низкой энергии.

Суть алгоритма заключается в том, что подавление помех в ЭКС осуществляется за счет выделения кардиоцикла ЭКС и участка изолинии кардиоцикла ЭКС на сегменте ТР, построения поверхностей энергетической плотности кардиоцикла ЭКС и выделенного участка изолинии (то есть помехи), формирования пороговой поверхности и сравнения ПЭП выделенного кардиоцикла со сформированной пороговой поверхностью. Схема алгоритма адаптивного подавления помех в ЭКС приведена на рисунке 4.

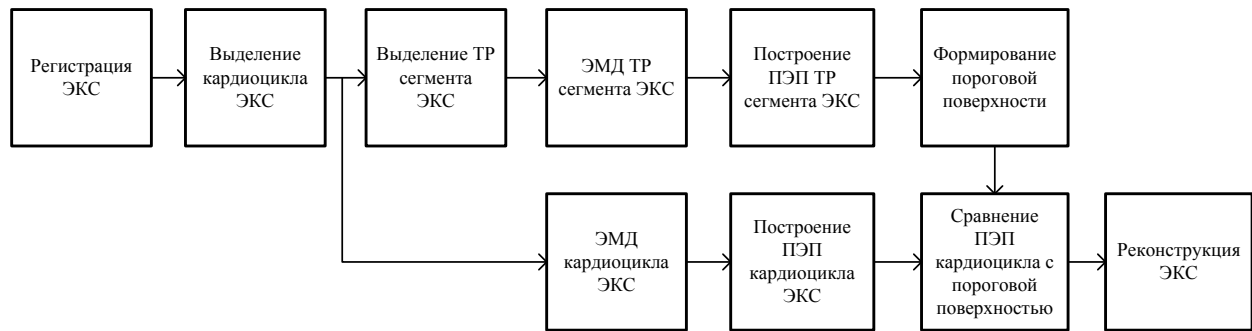


Рис. 4. Схема алгоритма адаптивного подавления помех в ЭКС на основе ПТХ

Алгоритм формирования управляющих воздействий для изменения порога выделения областей на ПЭП частотных составляющих ЭКС основан на установлении порога допустимого уровня шума на ПЭП, выделении локальных областей с низкой энергией и последующего их удаления. При этом порогом выделения областей на ПЭП служит разделяющая поверхность. Устанавливая порог допустимого уровня шума на поверхности энергетической плотности можно выделить локальные области ПЭП частотных составляющих ЭКС с шумом и удалить их, тем самым уменьшить уровень шума в ЭКС.

Полученные в результате ЭМД частотные составляющие представляются в виде поверхности энергетической плотности в системе координат энергия-частота-время:

$$E_{f_j}(n_i) = \sum_{k=1}^n a_k^2(t) \cdot e^{j\omega_k(t)dt}, \quad (1)$$

где a – модуль мгновенного значения амплитуды каждой ЭМ, k – номер ЭМ, t – дискретные отсчеты времени, ω – значение циклической частоты каждой моды сигнала, $j = \sqrt{-1}$ – мнимая единица.

ПЭП характеризует распределение мгновенной энергии сигнала в каждой точке частотно-временной плоскости и обеспечивает более эффективное выделение локальных областей с низкой энергией. На рисунке 5 приведены ПЭП фрагмента ЭКС до (а) и после (б) удаления локальных областей с низкой энергией частотных составляющих ЭКС.

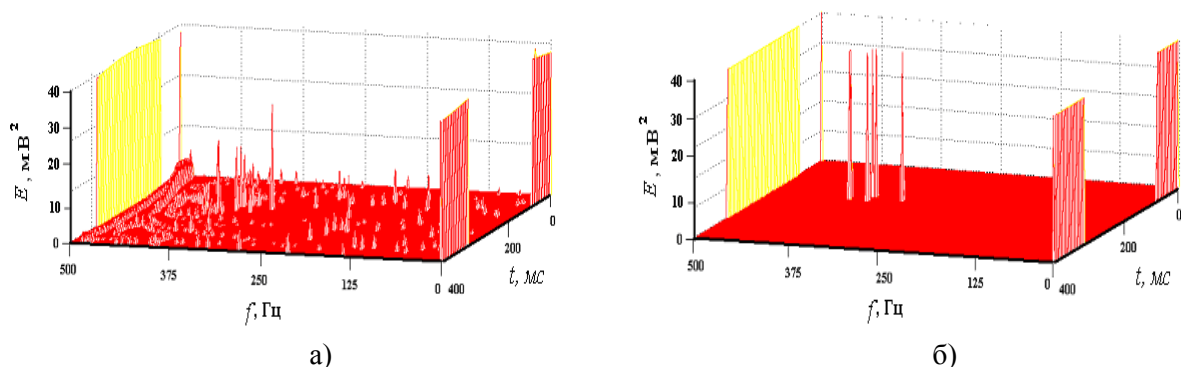


Рис. 5. Поверхности энергетической плотности фрагмента ЭКС а) с ВЧ помехой, б) после удаления локальной области с низкой энергией

Рассмотрим работу алгоритма адаптивного подавления помех в ЭКС, приведенного на рисунке.

Измерение уровня помех осуществляется путем вычисления значения среднеквадратической ошибки отклонения (СКО) восстановленного ЭКС от эталонного ЭКС. В случае неудовлетворительного восстановления осуществляется изменение уровня порога разделяющей поверхности на ПЭП. Для этого введена обратная связь, с помощью которой порог разделяющей поверхности на ПЭП подбирается таким образом, что обеспечивается уменьшение остаточного уровня помех в восстановленном ЭКС.

Далее следует этап «Восстановление ЭКС с допустимым уровнем помех» путем суммирования частотных составляющих ЭКС, в которых выделены и удалены локальные области с низкой энергией. Восстановленный таким образом ЭКС является максимально приближенным к исходному ЭКС.

Основой способа являются этапы «Формирование пороговой поверхности» и «Сравнение ПЭП выделенного кардиоцикла электрокардиосигнала со сформированной пороговой поверхностью».

Так как пороговая поверхность формируется на каждом кардиоцикле из оценки помехи (ПЭП участка изолинии), то есть все основания считать способ адаптивным и обеспечивающим более эффективное подавление помех. Другим положительным эффектом предлагаемого способа подавления шумов в ЭКС является визуальное представление ПЭП частотных составляющих ЭКС в системе координат энергия-время-частота, что позволяет выявить новые диагностические признаки.

Таким образом, эффективное подавление шумов при регистрации и обработке ЭКС ведет к увеличению достоверных заключений и, следовательно, к повышению эффективности диагностики сердечно-сосудистых заболеваний.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бодин, О.Н. Помехоустойчивая обработка электрокардиосигналов в системах неинвазивной кардио-диагностики: монография. / О.Н. Бодин, Е.А. Ломтев, Л.Ю. Кривоногов, К.А. Ожикенов – Алматы: LEM, 2016. – 216 с.
- [2] Aiman K. Ozhikenova, Kuralbay K. Kurakbayev, Vladimir Z. Kucherenko, and Kassymbek A. Ozhikenov The Effectiveness of Using Hospital-Replacing Technologies in Health-Care System Throught the Example of a Big Town. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. Impact factor = 0.35 (Scopus). Volume 7, Issue 3, 2016 (May - June). P. 256.
- [3] Ozhikenova A.K., Kurakbayev K.K., Ozhikenov K.A. Hospital-replacing technologies as an effective medical treatment from. The European Journal of Public Health 2015 Impact Factor: 2.751. 2016 Journal Citation Reports® (Thomson Reuters, 2016).
- [4] Ozhikenova A.K., Kurakbayev K.K., Ozhikenov K.A. Evaluation of economic efficiency and organization of medical aid to rural population in Kazakhstan. The European Journal of Public Health 2015 Impact Factor: 2.751. 2016 Journal Citation Reports® (Thomson Reuters, 2016).
- [5] Ozhikenov K.A., Mikhailov P.G., Ismagulova R.S., Azamatova, B.N. Azamatov Zh.K. Development of Technologies, Methods and Devices of the Functional Diagnostics of Microelectronic Sensors Parts and Components. 2016 13th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE). 2016. Vol.1. (Web of Science, Thomson Reuters) – pp. 84-90.
- [6] Ожикенов К.А., Михайлов П.Г. Технические измерения в технологии и производстве радиоэлектронной аппаратуры и измерительных систем. Учебное пособие. Алматы: ТОО «Издательство LEM», 2016. -134 с.
- [7] Ожикенов К.А., Бодин О.Н. и др. Патент на изобретение Российской Федерации № 2644303 от 08.02.2018 на «Способ оказания экстренной кардиологической помощи».
- [8] Ожикенов К.А., Бодин О.Н., Балахонova С.А., Иванчуков А.А., Касимов А.О., Полосин В.Г., Рахматуллов Ф.К., Сафронов М.И., Сергеевков А.С. Патент Российской Федерации № 2586854 от 18.05.2016 на «Способ представления данных, относящихся к пациентам медицинского учреждения».
- [9] Бодин О.Н., Туякбаев А.А., Ожикенова А.К., Кушегенова Ж.К., Өжікен А.Қ., Кагазбекова Л.С. Способ оказания экстренной медицинской помощи. Положительное решение по заявке на изобретение №16024 от 22.08.2016.
- [10] К.А. Ожикенов, Д.Н. Койшыбаев, Е.А. Алтай. Идентификация гармонического сигнала кардиоцикла с помощью банк фильтров. Труды II Международных Сатпаевских чтений «Роль и место молодых ученых в реализации новой экономической политики Казахстана» Алматы, апрель 12-13, 2016, II том, с. 92-95.
- [11] Өжікен Қ. Ә., Қасымбекова Қ. Б., Алтай Е.А. Субъектінің белсенді еркін қозғалу жағдайындағы кардиосигналдардың өзгергіштігін зерттеу. Труды II Международных Сатпаевских чтений «Роль и место молодых ученых в реализации новой экономической политики Казахстана» Алматы, апрель 12-13, 2016, II том, с. 100-104.
- [12] Сергеевков А.С., Бодин О.Н., Ожикенов К.А., Алтай Е.А. Распределенная кардиосистема. Сборник тезисов XII международного конгресса «Кардиостим» Санкт-Петербург, Вестник Аритмологии, IF РИНЦ=0,448, февраль 18-20, 2016, с. 222.
- [13] Ожикенов К.А., Алтай Е.А. Повышение эффективности оказания экстренной медицинской помощи. Сборник тезисов XII международного конгресса «Кардиостим» Санкт-Петербург, Вестник Аритмологии, IF РИНЦ=0,448, февраль 18-20, 2016, с. 240.
- [14] Ожикенов К.А., Алтай Е.А., Койшыбаев Д.Н. Анализ и обработка сигналов электрокардиограммы. Сборник тезисов V Всероссийского конгресса молодых ученых, Санкт-Петербург, апрель 12-15, 2016, с. 39.

Алимбаев Ч.А., Ожикенов К.А., Ожикенова А.К., Алимбаева Ж.А., Баянбай Н.

Электрлік кардиосигналын алдын ала кедергіге қарсы өңдеу.

Түйіндеме. Мақалада еркін қозғалыс жағдайында алынатын электрлік кардиосигналын кедергіге қарсы өңдеу мәселелерін шешудің негізгі жолдары көрсетілген және келесі шешу әдістері ұсынылған: пайдалы сигнал жоқ кезіндегі кедергіні бағалау; Гильберт-Хуан түрленуі; сүзгілерді бейімдеу әдісімен біріктіру. ЭКС тіркеу мен өңдеу кезінде шуды тиімді жою сенімді қорытындыларға, демек, жүрек-қан-тамыр ауруларының диагностикасының тиімділігін арттыруға алып келеді.

Кілттік сөздер: Помехоустойчивая обработка Кедергіге қарсы өңдеу, Электрокардиограмма, Гильберт-Хуан түрленуі.

УДК 631.2

J. B. Kaldybekova, K. K. Syrmanova, S. A. Musayeva, A. R. Tashboltaeva, B. M. Khamitova
(M. Auezov South Kazakhstan State University,
Shymkent, Kazakhstan)

OPTIMIZATION OF METHODS OF STORAGE OF FRUITS AND VEGETABLES IN THE SOUTHERN REGION

Abstract. The article analyzes the modern technologies of fruit and vegetable storage in the southern region. The creation and preservation of the quality characteristics of the fruit during their storage is provided mainly by the method and mode of storage, method of fruit placement and other technological factors. High ion-exchange and catalytic properties of vermiculite kulantay allow the use of exfoliated vermiculite for storage of vegetables and fruits in the southern region.

Key words: aeration, vegetable storage technology, fruit, kulantau vermiculite, temperature, relative humidity, disinfection.

Ж.Б. Калдыбекова, К.К. Сырманова, С.А. Мусаева, А.Р. Тасполтаева, Б.М. Хамитова
(Южно-Казахстанский государственный университет имени М.Ауэзова,
Шымкент, Республика Казахстан z.kaldybekova@mail.ru)

ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ХРАНЕНИЯ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО РЕГИОНА

Аннотация. В статье дан анализ современных технологий хранения плодов и овощей в условиях Южного региона. Создание и сохранение качественных характеристик плодов во время их хранения обеспечивают в основном метод и режим хранения, способ размещения плодов и другие технологические факторы. Высокие катионообменные и каталитические свойства кулантауского вермикулита позволяют использовать вермикулит в спущенный для хранения овощей, фруктов в условиях Южного региона.

Ключевые слова: активное вентилирование, овощи, технология хранения, фрукты, кулантауский вермикулит, температура, относительная влажность воздуха, дезинфекция.

Сохранение и поддержание качества плодовоовощной продукции становится все более важной задачей и не теряет своей актуальности. Постоянно возрастает потребность рынка в наличии свежих фруктов и овощей отличного качества. Создание и сохранение качественных характеристик плодов во время их хранения обеспечивают в основном метод и режим хранения, способ размещения плодов и другие технологические факторы.

Технологические факторы играют определяющую роль при обосновании способов хранения продукции. Особенно важное значение имеют стабилизация температуры и влажности, применение упаковки и использование регулируемых газовых сред. Обязательным мероприятием должен быть контроль за соблюдением санитарно-гигиенических условий хранения. Технологические мероприятия при транспортировании и хранении определяются комплексом показателей качества каждого вида продукции.

Системы управления качеством при хранении плодовой и овощной продукции получают все большее распространение и имеют широкие перспективы внедрения. Поддержанию и контролю режимов и способов хранения цитрусовых плодов способствует отлаженное функционирование системы управления качеством [1-2].

Показатели качества плодов закономерно оказывают влияние на их хранение. В работе обоснована возможность и необходимость вариации технологических факторов для создания наиболее благоприятных условий, поддерживающих качество фруктов при их хранении.

Объект и методы исследования. Объектом исследования является сравнительная характеристика показателей качества фруктов и технологические режимы их хранения.

Основной задачей современного сельхозпроизводства является не только увеличение валовых сборов плодов и овощей, но и реализация продукции по самой оптимальной цене. В связи с этим, необходимо уделять особое внимание мероприятиям по послеуборочной доработке плодов и овощей, создать условия для хранения, продлить период реализации и переработки. Только при соблюдении этих ключевых условий продукция позволит получить большие доходы, будет рентабельной и конкурентноспособной.

Для создания условий для стабильного хранения продукции с минимально возможными потерями качества необходимо внедрять новые и более совершенные с технологической и экономической точки зрения технологии хранения[3].

Фрукты относятся к группе растительного сочного сырья, поэтому основные причины потери массы сочной продукции связаны с процессами дыхания и испарения [8]. Комплекс мер по сохранению урожая плодовоовощных культур должен учитывать такие явления, как процессы послеуборочного созревания, испарение влаги из клеток плодов и овощей, действия вредителей, перепады температуры. Современные технологии организации самых подходящих условий хранения сочной продукции сводятся к ее охлаждению, увлажнению и дезинфекции, однако способы достижения оптимальных параметров хранения могут иметь серьезные различия между собой, и как следствие, разную эффективность[4].

Таким образом, сроки хранения растительного сырья устанавливаются в зависимости от особенностей сельскохозяйственной культуры и сортов, сроков и способов уборки, послеуборочной обработки и оснащенности хранилищ автоматическими системами создания и контроля микроклимата.

Поскольку фрукты и овощи хранятся в свежем виде, перед закладкой на хранение эта продукция должна пройти определённую обработку, а сам процесс хранения должен соответствовать научно обоснованным правилам.

Современные системы хранения плодовоовощной продукции отличаются от предшественников полной автоматизацией. Специально разработанное программное обеспечение регулирует работу всей системы и, в зависимости от вида хранящейся продукции и заданной температуры, влажности и газового состава среды, автоматически контролирует параметры всего оборудования с целью создания и поддержания оптимальных условий в камерах хранения. [3-5]

Некоторые параметры хранения овощей и плодов представлены в виде таблицы 1. Посмотрев на данные таблицы 1 можно сказать, что нужно приложить немало усилий для того, чтобы создать все необходимые условия для правильного хранения овощей и фруктов.

Проблема в том, что в нашей стране больше используют старые технологии хранения продуктов, которые со временем стали неактуальны и тому есть причины: изменение климата, неэффективное использование плодородных земель. Старые технологии не обеспечивают длительного сохранения продукции, а потери продукции из-за испарения влаги и расхода сухих веществ на дыхание, а также по причине воздействия бактериальной и грибковой микрофлоры в отдельных случаях достигают 40-50%. Кроме того, оставшаяся часть продукции имеет пониженные пищевые качества и плохой товарный вид. [7, 9].

Биологические факторы, формирующие и сохраняющие качество плодов: лежкость, климатические условия, агротехнические условия, доброкачественность продукции, которая закладывается на хранение, технологические факторы, обуславливающие создание оптимальных условий, которые обеспечивают сохранение качественных характеристик свежих плодов в течении определенного срока.

Основное средство для регулирования физиологических и биохимических процессов, происходящих в плодах при хранения — это температура.

По способу управления температурным режимом различают неохлаждаемые и охлаждаемые методы хранения.

Неохлаждаемые методы — хранение в стационарных хранилищах, где поддержание температурно-влажного режима происходит за счет естественной или принудительной вентиляции, а также буровое или траншейное хранение.

Охлаждаемые методы — хранение плодов в холодильных камерах с использованием различных систем охлаждения (батареиной, при помощи воздухоохладителей, батареино-воздушной, панельной).

Таблица-1. Некоторые параметры хранения овощей и плодов

Продукция	Температура хранения, С°	Относительная влажность воздуха, %
Картофель	+2...+4	85...95
Капуста	0...+1	85...90
Лук	+2...+8	70...80
Морковь	0...+1	90...98
Редька	0...+1	90...95
Свекла	0...+1	90...95
Огурцы	+7...+10	95
Томаты	+1...+2	85...95
Абрикосы	0...+1	90...95
Апельсины	+1...+2	85...90
Арбузы	+2...+3	85...90
Груши	0...+1	90
Раннеспелые яблоки	0...+1	85...95
Дыни	0...+1	85...90
Киви	0...+1	90...95
Лимоны	+2...+3	85...90
Мандарины	+1...+2	85...90
Персики	0...+1	85...95

По способу размещения продукции в хранилище, хранение может быть бестарным и тарным.

Для хранения моркови в ящиках дно пересыпают влажным песком, на него укладывают корнеплоды в несколько слоев и переслаивают их песком. Другой модернизированный способ хранения корнеплодов – использование полиэтиленовых мешков вместимостью 20-25 кг. Тару не завязывают, чтобы избежать концентрирования углекислого газа и повышения относительной влажности воздуха. [10].

Фруктовая продукция хранится в контейнерах в холодильных камерах, где установлено дополнительное оборудование: газогенераторы, датчики РГС воздуха, адсорберы. Это оборудование управляется специальными программами, что позволяет автоматически создавать и поддерживать в камере РГС с низким содержанием кислорода и контролировать уровень этилена и углекислого газа, влияющих на биохимические процессы в продукции [5].

В последние годы объем применения вспученного вермикулита в сельском хозяйстве резко увеличивается, причем около одной трети всего производимого в мире вермикулита используется именно в сельском хозяйстве: овощеводстве, садоводстве, животноводстве, ветеринарии, гидропонике, при дражировании семян и хранении овощей.

Имеются месторождения вермикулита и в нашей республике. В Южно-Казахстанской области – месторождения Кулантау, Жыланды, Иирсу и др. Потребность Республики Казахстан в вермикулите может составить десятки тысяч тонн в год, благодаря широкому спектру применения [5].

Для исследований использовали кулантауский вермикулит. Фотография образцов вспученного кулантауского вермикулита приведена на рисунке 1.



Вермикулит вспученный (Кулантау)

Рис.1. Фотография образцов вспученного кулантауского вермикулита

Для вермикулитов предложены следующие кристаллохимические формулы [18-21]
 По Бэршарду: $(\text{H}_2\text{O})_x (\text{Mg}, \text{Ca})_y (\text{Al}, \text{Fe}, \text{Mg}) (\text{Si}, \text{Al}, \text{Fe})_4 \text{O}_{10} (\text{OH})_z$ где y – варьирует от 0,22 до 0,36 $z = 3$.
 По Грюнеру: $22\text{MgO} \cdot 5\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 22\text{SiO}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.
 Качественные характеристики вермикулита Кулантауского месторождения показаны в таблице 2.

Таблица-2. Качественные характеристики вермикулита Кулантауского месторождения

Насыпная объемная масс, кг/м³	80-200
Коэффициент теплопроводности при 25°C, Вт/м град	0,048-0,060
Коэффициент звукопоглощения при частоте 1000 Гц	0,7-0,8
Температура плавления, °C	+1250
Температура применения, °C	от - 260 до + 1200

Вермикулит вспученный мало гигроскопичен, при влажности 40-60% его влажность составляет 6-8%, при 100% - не более 10-11%. К тому же, он обладает высокой адсорбционной емкостью по отношению к различным продуктам газообмена плодов. Эти особенности позволяют использовать вермикулит вспученный для хранения овощей, фруктов и луковиц цветов. Это абсолютно стерильный, экологически чистый материал, обладающий высочайшими сорбционными свойствами. Благодаря своему высокопористому строению, гранулы вермикулита моментально вбирают воду и растворенные в ней удобрения, удерживают их и отдают растениям постепенно. Вермикулит обладает высокими катионообменными и каталитическими свойствами. Ионы магния, кальция, калия и натрия присутствуют в вермикулите в легко доступной форме. Все вышеперечисленные свойства обуславливают способность вермикулита поглощать и удерживать тяжелые металлы, особенно ртуть и свинец, а также токсины. Способность вермикулита удерживать не только воду, но и воздух, делает вермикулит высокоэффективным кондиционером всех видов почв. Вспученный вермикулит представляет собой гранулы золотисто-желтого цвета, полученные мгновенным нагреванием природного минерала до 800

Изучение свойств кулантауского вермикулита позволило сделать вывод, что применение вермикулита:

- улучшает структуру легких (песчаных) и тяжелых (глина и суглинки)
- оптимально регулировать воздушно-влажностный режим;
- активно стимулирует рост корневой системы и растения в целом;
- уменьшает кислотность и процесс засоления несменных грунтов на 8-14%;
- увеличивает эффективность действия удобрений;
- снижает заболевание корневыми гнилями;
- увеличивает сохранность овощей и фруктов на 10-16%;
- увеличивает урожайность на 12-17%.

Кроме всего уже перечисленного этот минерал прекрасно подходит для хранения урожая овощей и фруктов. Такие функции вермикулита как малая гигроскопичность и абсорбция делают его пригодным для этого. При влажности воздуха 60 % влажность минерала составляет всего 6-8%, а при 100% влажности – 10-11% благодаря этому он и подходит для хранения урожая. Высокие абсорбирующие свойства не позволяют плодам и луковицам растений гнить и портиться. При этом не теряются вкусовые качества продукции и ее пищевая ценность. Для хранения нужно пересыпать плоды вермикулитом слоем от 2 до 5 см, толщина слоя зависит от размера плодов.

При этом уменьшается уровень отходов, возникающих в случае развития гнили, замедляются процессы роста в клубнях, сохраняются вкусовые качества и пищевая ценность овощей и фруктов. Пересыпая плоды при тарном и бестарном хранении можно сохранить урожай, обеспечив себя на длительное время вкусными, здоровыми и полезными продуктами. Овощи или фрукты закладываются в ящики послойно, перекладывая каждый ряд плодов слоем вспученного вермикулита, толщина которого, в зависимости от размера плодов колеблется от 2 до 5 см. На второй год использованный вермикулит можно применять после прожаривания или просто вносить его весной в грунт (без прожаривания).

Ключевыми моментами в хранении плодоовощной продукции являются:

- температура;
- относительная влажность воздуха;
- дезинфекция.

Таким образом, организация правильного хранения овощей, корнеплодов, картофеля и фруктов влияет на разные отрасли: экономику, производство, бизнес, а самое главное здоровье человека. Очевидно, что современные техники хранения только улучшают качество продуктов, что делает их востребованными в условиях жесткой конкуренции.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гаммидулаев С. Н., Иванова Е. В., Николаева С. П., Симонова В. Н./Товароведение и экспертиза плодовоовощных товаров: Учебное пособие. СПб.: Альфа, 2000 - 432 с.
- [2] Жарова С.Н., Панкова Е.И., Старостенко И.Э./ Заготовка и хранение плодов - Ленинград : СБП, 2007 - 160 с. : ил. ; 20 см.
- [3] Трисвятский Л. А., Лесик Б.В., Курдина В.Н. / Хранение и технология сельскохозяйственных продуктов. 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1991. — 415 с.: ил.
- [4] Толкова Т.С. Современные системы управления качеством пищевых продуктов / Толкова Т.С., Хрипанкова М.С., Куликова М.Г. // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях Сборник научных трудов 4-ой Международной научно-практической конференции: В 3-х томах. Горохов А.А. (отв.редактор). – 2014. – С. 189-191.
- [5] Сырманова К.К., Калдыбекова Ж.Б. Полифункциональные сорбенты Монография, Шымкент, ЮКГУ, 2012, -168с.
- [6] Сырманова К.К. Вермикулитсодержащие адсорбенты / Сырманова К.К., Калдыбекова Ж. Б., Ботабаев Н.Е. // «Вопросы современной науки»: коллект. Науч. монография; [под ред. Н.Р.Красовской]. – М.: Изд. Интернаука, 2016. Т. 14.

Kaldybekova J. B., Syrmanova K. K., Musayeva S. A., Tashboltaeva A. R., Khamitova B. M.

Optimization of methods of storage of fruits and vegetables in the southern region

Summary. The article analyzes the modern technologies of fruit and vegetable storage in the southern region. The creation and preservation of the quality characteristics of the fruit during their storage is provided mainly by the method and mode of storage, method of fruit placement and other technological factors. High ion-exchange and catalytic properties of vermiculite kulantay allow the use of exfoliated vermiculite for storage of vegetables and fruits in the southern region.

Key words: aeration, vegetable storage technology, fruit, kulantau vermiculite, temperature, relative humidity, disinfection.

Калдыбекова Ж.Б., Сырманова К.К., Мусаева С.А., Тасполтаева А.Р., Хамитова Б.М.

Оңтүстік өңірінің жағдайында жемістер мен көкөністерді сақтау әдістерін оңтайландыру

Түйіндемесі. Мақалада оңтүстік өңірінің жағдайында жемістер мен көкөністерді сақтаудағы қазіргі заманғы технологияларды қолдануына талдау жүргізілді.

Жемістердің сапалық сипаттамаларын құру және сақтау кезінде негізінде сақтау әдісі мен режимі және басқа да технологиялық факторлар есеп етеді.

Ісінген кулантау вермикулиттің жоғары ионалмастырғыш және каталикалық қасиеттерін пайдалана отырып, оны Оңтүстік өңірде көкөніс, жеміс-жидек сақтауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: белсенді желдету, көкөніс, сақтау технологиясы, жеміс-жидектер, кулантау вермикулиті, температура, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы, дезинфекция.

УДК 620.183.256.2А

G. E. Akhmetova, T. Sh. Akhmedova, A. K. Vyatkina, D. U. Smagulov, A.V. Kudrya

⁽¹⁾Kazakh National Technical University after K.I. Satpayev, Kazakhstan agulzhajnat@bk.ru, smagulov061@mail.ru;

⁽²⁾NUST «MISIS», Moscow, Russian Federation tanya060592@gmail.com, annakvyatkina@yandex.ru, AVKudrya@misis.ru)

MEASURING THE GEOMETRIC DIFFERENCES IN STRUCTURES FOR CONTROLLING THE QUALITY OF PIPE STEELS

Abstract. The possibilities of computer technologies in solving modern metallographic problems are considered. With the help of computer technologies heterogeneity of the structures of tube steels was investigated. Examples of quantitative estimation of geometrical parameters of steel structures of grades 30, 32Г2С, 38ХНМ with clear histograms of distribution of values of areas of structural components (grains of perlite) and anisotropy are given. The geometric parameters of the reinforcing structural component of tubular steels (perlite) are measured.

A new approach to quality management is proposed, not by the traditional method of selecting the chemical composition, but by the possibility of constructing the optimal geometry of steel structures. The connection between the quantitative indicators of the structure and the level of mechanical properties is indicated.

To analyze the structural heterogeneity of pipe steels, it was shown that it is advisable to expand the practice of using computer technologies for statistical processing of production data, and to develop and introduce quality control methods for tubular steel based on the analysis of geometry of structures.

Keywords: structural dimensions, structure, tubular (pipe) steel, computer technology, quality.

Г.Е. Ахметова¹, Т.Ш. Ахмедова², А.К. Вяткина², Д.У. Смагулов¹, А.В. Кудря²

(¹КазННТУ им. К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан

agulzhajnat@bk.ru, smagulov061@mail.ru;

²ННТУ «МИСиС», Москва, Российская Федерация

tanya060592@gmail.com, annakvyatkina@yandex.ru, AVKudrya@misys.ru)

ИЗМЕРЕНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ СТРУКТУР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ

Аннотация. Рассмотрены возможности компьютерных технологий в решении современных металлографических задач. С помощью компьютерных технологий исследована неоднородность структур трубных сталей. Приводятся примеры количественной оценки геометрических параметров структур сталей марок 30, 32Г2С, 38ХНМ с наглядными гистограммами распределения значений площадей структурных составляющих (зерен перлита) и анизотропии. Измерены геометрические параметры упрочняющей структурной составляющей трубных сталей (перлита).

Предлагается новый подход к управлению качеством стали не традиционным методом подбора химического состава, а возможностью конструирования оптимальной геометрии структур стали. Указывается на связь количественных показателей структуры с уровнем механических свойств.

Для анализа структурной неоднородности трубных сталей выявлена целесообразность расширения практики применения компьютерных технологий для статистической обработки производственных данных, развития и внедрения методов контроля качества трубной стали, основанных на анализе геометрии структур.

Ключевые слова: геометрическая неоднородность, структура, трубная сталь, компьютерные технологии, качество.

В современное время трубные компании систематически проводят работу, направленную на повышение качества производства бурильных, обсадных и насосно-компрессорных труб. Доля производства высокопрочных труб в общем объеме их выпуска составляет: бурильные – 96%, обсадные – 57%, насосно-компрессорные – 42%.

ОАО «АК «Транснефть» при реализации проектов строительства нефтепроводов закладывает технические требования к качеству металла и отводов на более высоком уровне, чем требования всех известных международных стандартов. Введен контроль металла по полосчатости структуры, размеру зерна, загрязнению металла неметаллическими включениями, ударной вязкости на образцах с острым надрезом при температуре -40°C. Выполняя подобные требования, металлургические комбинаты и трубные компании повышают качество металла и труб [1, 2].

В свете выше указанного, возникает острая необходимость разработки методики или программ, автоматизировано выполняющих необходимые операции контроля (замера) полосчатости структуры, размера зерна, определяющих загрязненность стали неметаллическими включениями. Конечно, отдельные методики на определение требуемых показателей описываются в стандартах ГОСТ 5639-82 Сталь и сплавы. Методы выявления и определения величины зерна; ГОСТ 1778-70 Сталь. Металлографические методы определения неметаллических включений, также имеются дорогие стоящие зарубежные программные комплексы, автоматизировано определяющие эти показатели и исключают ошибку замера экспериментатора. Однако, в настоящее время очень востребована современная отечественная программа или методика, выполняющая все выше перечисленные измерения [3, 4].

Целью работы явилась разработка и апробация компьютерной методики измерения геометрической неоднородности структур трубных сталей, определяющей качество стали.

В данной работе авторским коллективом представлены измерения структурных составляющих (элементов структуры) трубных сталей, проведенные с использованием компьютерных программ и комплексов, получивших широкое распространение. Определение качества стали по структуре производили при помощи таких современных программ как MATLAB, Excel, Image Expert (или Image J) и специально разработанных программ для бинаризации и инвертирования изображений.

Образцы и методика эксперимента

В качестве объекта исследования были выбраны стандартные марки стали, применяемые для производства обсадных и насосно-компрессорных труб: стали марок 30, 32Г2С, 38ХНМ. Химический состав образцов определяли с помощью спектрометра искрового Spectrolab (Таблица 1).

Таблица 1. Химический состав стали, %

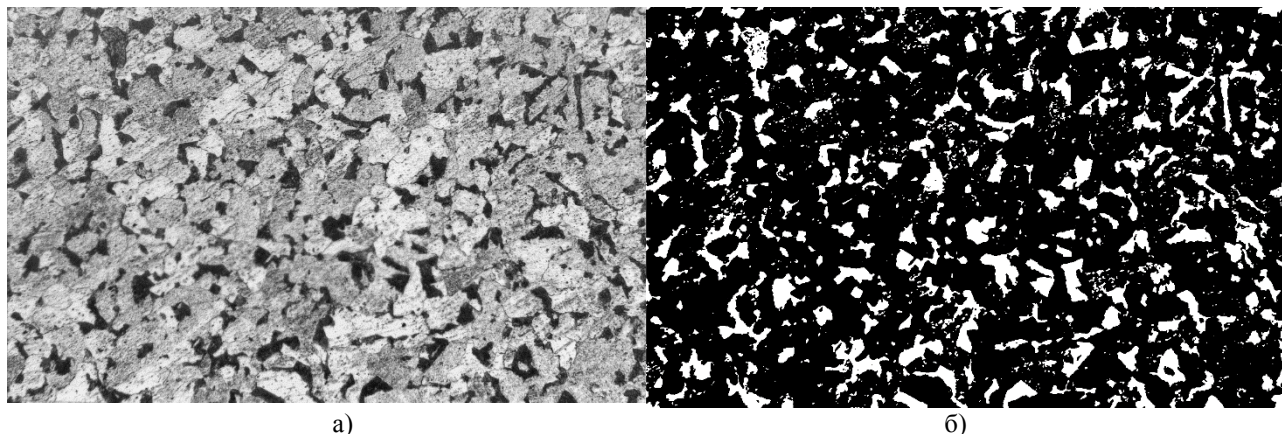


Рис. 1. Микроструктура образца стали 30: а) изображение с микроскопа, X200; б) бинаризованное и инвертированное изображение структуры

№ обр.	Марка стали	Массовая доля элементов, %									
		Al	C	Mn	S	P	Si	Cr	Ni	Cu	Mo
1	Сталь 30	0,005	0,27	0,58	0,010	0,024	0,18	0,05	0,02	0,01	0,010
2	32Г2С	0,023	0,23	1,54	0,013	0,008	0,82	0,14	0,11	0,24	0,013
3	38ХНМ	0,039	0,37	0,57	0,010	0,017	0,30	1,34	1,31	0,08	0,26

Пробоподготовка состояла из операций запрессовки образца, а также его шлифования, полирования и травления. Запрессовку образца производили на прессовальном аппарате SimpliMet 1000 (Buehler). Готовый к шлифованию образец шлифовали и полировали на аппарате Struers TegraPol-11. Далее, для выявления феррито-перлитной структуры проводили травление в 3% растворе HNO_3 и этилового спирта. Исследование проводили на оптическом микроскопе LEICA DM ILM HC при увеличении 200 крат.

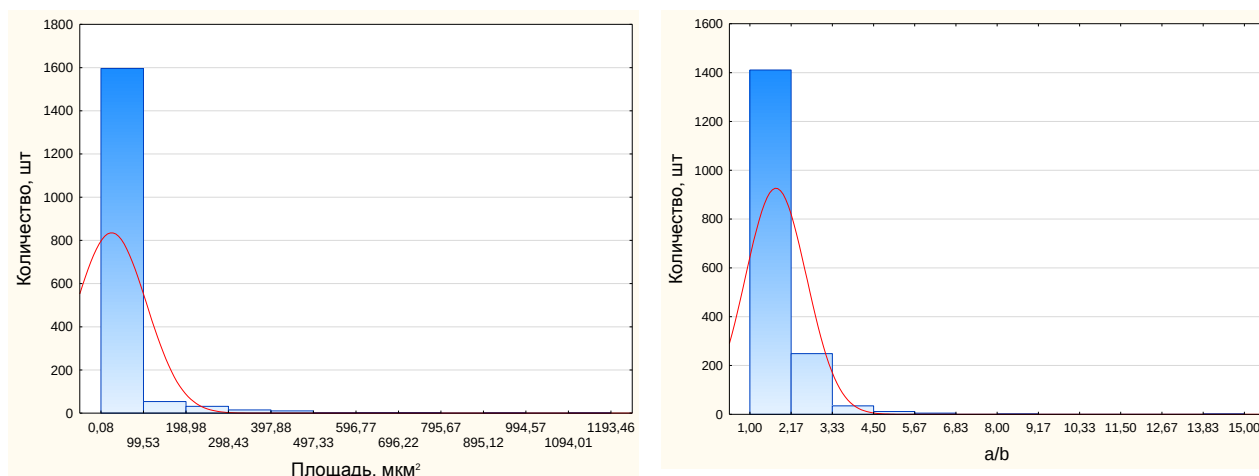
Для выявления факторов, определяющих неоднородность качества трубных сталей, использовали метод контроля качества, основанный на результатах исследования геометрии структур, определения их количественного и качественного соотношения [5]. Для оценки структурного качества труб из указанных марок стали были использованы компьютерные технологии [6].

Схема методики количественного анализа структур компьютеризированными процедурами следующая: 1. Получение изображений с помощью микроскопа → 2. Бинаризация изображений с помощью специального программного продукта «Basic binarisation» → 3. Удаление шумов в программе Image Expert (или Image J) → 4. Дилатация и умная эрозия → 5. Измерение объектов в MATLAB → обработка и перевод (в микрометры) полученного (в пикселях) массива данных замеров с помощью программы Excel [7-12].

Микроструктура всех трех сталей представляет собой феррито-перлитную смесь (рисунки 1, а; 3, а; 5, а). Судя по структурам, стали 30, 32Г2С и 38ХНМ поставлялись без термического упрочнения. Каждая сталь с определенной геометрической феррито-перлитной структурой имела свой характерный комплекс механических свойств. То есть, несомненно, структура сталей должна каким-то образом определять уровень свойств в готовом изделии – трубе.

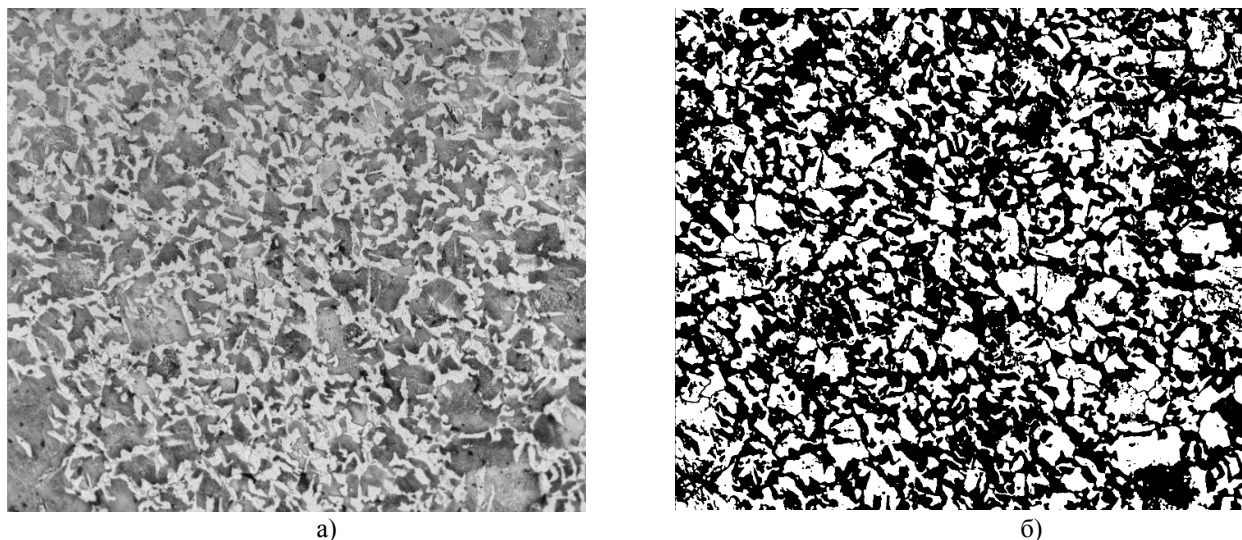
Перед авторами стояла задача современной широко доступной количественной оценки структуры. При оценке структуры представленных трубных сталей перлит, как упрочняющая составляющая, вызывал особый интерес. По этой причине для определения количества и геометрических параметров перлита нам необходимо было бинаризовать и инвертировать изображение в обратный порядок, так как MATLAB обсчитывает геометрические параметры белых объектов вводимых исходных данных в

пиксельном эквиваленте. Вводимые данные – бинаризованные изображения (фото) микроструктур (рисунки 1, б; 3, б; 5, б), где белые объекты - интересующие нас структурные элементы (перлит) [13].



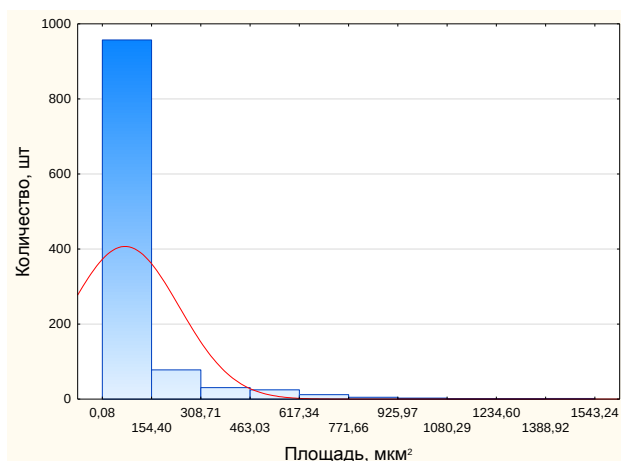
а) б)
Рис. 2. Гистограммы распределения значений (структуры стали 30):
а) площадей перлитных зерен; б) степени вытянутости перлитных зерен

Результат обработки бинаризованного изображения в программе MATLAB – это массив данных по замерам параметров белых объектов (структурных составляющих): площадь, длина, ширина, плотность, периметр (в пикселях) и угол наклона. Далее задача оператора - обработать данные, перевести массив из пиксельного эквивалента в данные в микронах и определить, графически изобразить выявленные расчетным путем (с применением математических формул) количественные параметры структуры: объемную долю структурной составляющей, среднюю площадь зерен (перлита), анизотропию, средний периметр, плотность и преимущественную ориентировку объектов (зерен перлита) (Таблица 2). Графически параметры площадей зерен перлита представлены на гистограммах (рисунки 2, а; 4, а; 6, а); показатель анизотропии (степени вытянутости) зерен перлита на рисунках 2, б; 4, б; 6, б.

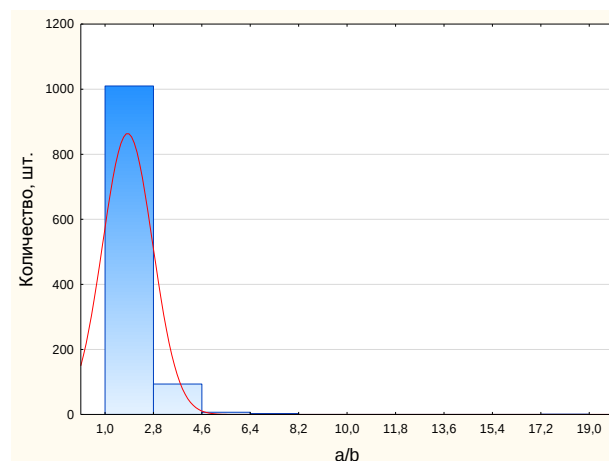


а) б)
Рис. 3. Микроструктура образца стали 32Г2С: а) изображение с микроскопа, X200; б) бинаризованное и инвертированное изображение структуры

Накопление подобных статистических данных предприятиями, выпускающими трубную продукцию, в тесной связи и соотношении с показателями механических свойств, соответствующих той или иной структуре с определенными количественными характерными показателями структуры могло бы дать четкое представление об оптимальных количественных и качественных показателях структуры, отвечающих определенным требованиям производителя и/или заказчика [14].

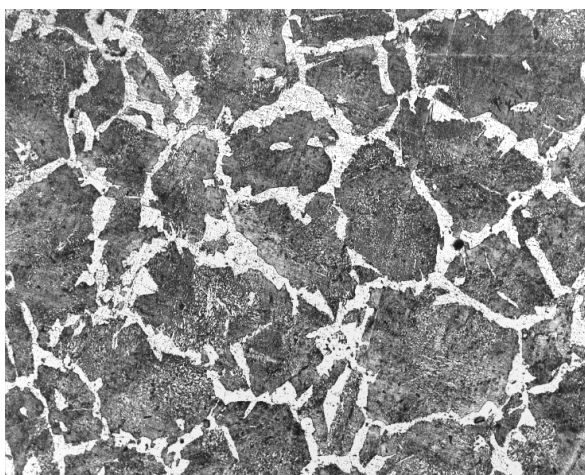


а)

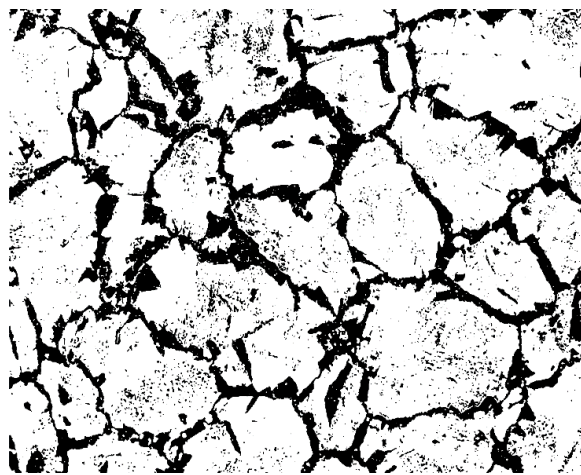


б)

Рис. 4. Гистограммы распределения значений (структуры стали 32Г2С):
а) площадей перлитных зерен; б) степени вытянутости перлитных зерен

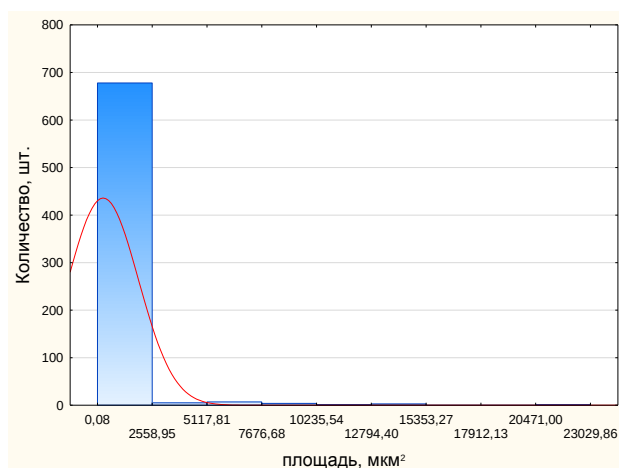


а)

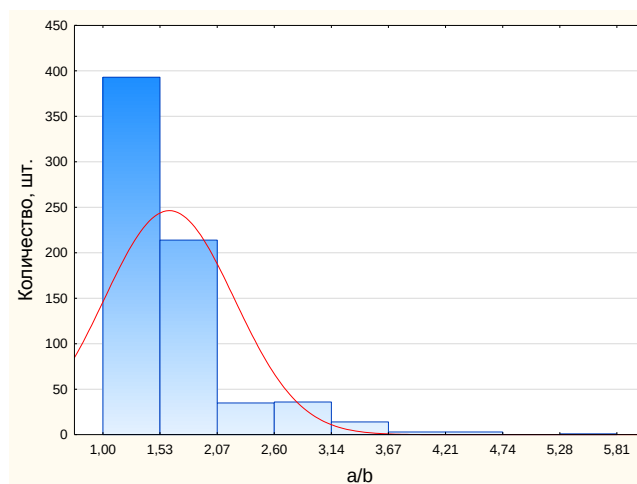


б)

Рис. 5. Микроструктура образца стали 38ХНМ: а) изображение с микроскопа, X200; б) бинаризованное и инвертированное изображение структуры



а)



б)

Рис. 6. Гистограммы распределения значений (структуры стали 38ХНМ):
а) площадей перлитных зерен; б) степени вытянутости перлитных зерен

Таблица 2. Геометрические параметры структурной составляющей (перлита) трубных марок стали

№	Геометрические характеристики (изображений) перлита	Бинаризованное изображение		
		стали 30	стали 32Г2С	стали 38ХНМ
1	Объемная доля, %	19,65	45,08	76,28
2	Средняя площадь, мкм ²	24,58±1,97	70,67±5,05	261,63±61,92
3	Степень вытянутости (a/b)	1,73	1,83±0,001	1,62±0,001
4	Средний периметр, мкм	14,88±0,84	34,64±3,78	27,8±27,52
5	Плотность, шт/мкм ²	0,01	0,01	0,003
6	Преимущественная ориентировка, град.	45-90	45-90	45-90

Таким образом, использование компьютеризированных средств получения и обработки изображений структур трубных сталей с последующей оценкой достоверности результатов позволяет получить количественные характеристики структур, которые можно сравнивать между собой, объективно ранжировать структуры сталей по геометрии их строения и связывать ее с качественными показателями – механическими свойствами [15]. Отсюда вытекает возможность нового подхода к разработке трубных сталей – переход от традиционного эмпирического подбора составов стали и технологий к конструированию оптимальной геометрии структур трубных сталей, обеспечивающих заданные механические свойства. [2, с. 80]

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ушаков А.С., Кондратов Л.А. Опройзводстве стальных труб // Сталь. - 2017. - №7. – С. 37.
- [2] Никитин А.В., Ханжин В.Г. Возможности компьютерных измерительных систем анализа изображений при изучении композиционных сверхпроводников // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2015. - №4 (718). – С. 58-62.
- [3] Ахметова Г.Е., Смагулов Д.У., Ахмедова Т.Ш., Кудря А.В. Оценка качества труб нефтегазового сортамента компьютеризированными методами анализа структуры стали // Вестник государственного университета имени Шакарима города Семей. - 2017. - Научный журнал №3 (79). - С. 7.
- [4] Ахметова Г.Е., Смагулов Д.У., Кудря А.В. Использование методов информационной технологии для анализа структурного состояния стали нефтегазового сортамента и оценки надежности трубопроводов // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №9) / КарГТУ. – Караганда, 2017г. – С. 24-26.
- [5] Ахметова Г.Е., Смагулов Д.У., Ахмедова Т.Ш., Кудря А.В. Оптимизация структуры трубной стали методом электролитно-плазменной обработки и компьютеризированных процедур // Сборник трудов конференции IX-й Евразийской научно-практической конференции «Прочность неоднородных структур» ПРОСТ 2018 / НИТУ «МИСиС». - Москва, 2018г. – С.
- [6] Кудря А.В., Соколовская Э.А., Пережогин В.Ю. и др. Использование компьютеризированных процедур для оценки неоднородности структур твердых сплавов // Металлург. – 2016. - №12. – С. 77.
- [7] Кудря А.В., Соколовская Э.А., Ахмедова Т.Ш. и др. Неоднородность структур и разрушение твердых сплавов на основе железа и их измерение // Электрометаллургия. – 2017. - №6. – С. 32.
- [8] Соколовская Э.А. О воспроизводимости результатов измерений структур и изломов с использованием компьютеризированных процедур // Вопросы материаловедения. – 2013. - №4 (76). – С. 143.
- [9] Гонсалес Р., Вудс Р., Эддисон С. Цифровая обработка изображений. – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
- [10] Зельдович Я.Б., Соколов Д.Д. Фракталы, подобие, промежуточная асимптотика // Успехи физических наук. – 1985. – Т.146, №7. – С. 493.
- [11] Никитин Я.Ю. Асимптотическая эффективность напараметрических критериев. - М.: Физматлит, 1995. - 240 с.
- [12] Ashby M.F. Materials Selection in Mechanical Design. - Pergamon Press, 1992.
- [13] Николаев Д.П., Сараев А.А. Критерии оценки качества в задаче автоматизированной настройки алгоритмов бинаризации // Тр. ИСА РАН. – 2013. – Т. 63, №3. – С. 85.
- [14] Кудря А.В., Соколовская Э.А., Сухова В.Г. и др. Ограничения классической статистики при аттестации и управлении качеством конструкционной стали // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 2010. - №11. – С. 43-47.

[15] Кудря А.В., Штремель М.А. О достоверности анализа данных в управлении качеством // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2010. - №7 (661). – С. 50-55.

Ахметова Г.Е., Ахмедова Т.Ш., Вяткина А.К., Смагулов Д.Ұ., Кудря А.В.

Құбырлы болаттардың сапасын бақылау үшін құрылымдардағы геометриялық айырмашылықтарды өлшеу

Түйіндеме: Компьютерлік әдістері арқылы металографиялық есептерді шешуге арналған методикасы енгізілді және сыналды. Құбырлы болаттар мен материалдардың құрылымын сандық бағалаудың қазіргі заманғы әдістері ұсынды. Құбырлы болаттардың сапасын бақылау мақсатында құбырлы болаттардың құрылымын өлшеу мүмкіндіктері бағаланды. Өндірістік процесте механикалық қасиеттердің параметрлеріне қатысты құрылым бойынша статистикалық деректерді өңдеудің әдістемесін еңгізу ұсынлады.

Түйінді сөздер: геометриялық айырмашылықтар, құрылым, құбырлы болат, компьютерлік технологиялар, сапа.

Akhmetova G.E., Akhmedova T. Sh., Vyatkina A. K., Smagulov D. U., Kudrya A.V.

Measuring the geometric differences in structures for controlling the quality of pipe steels

Summary: The introduction of computer technologies in the solution of metallographic problems was tested. Modern methods of quantitative evaluation of the structures of tubular steels and materials in general were presented. The possibilities of measuring the structures of tubular steels for the purpose of controlling the quality of tubular steels were evaluated. It is recommended to introduce in the production process the proposed methodology for processing statistical data on the structure in close connection with to the indicators of mechanical properties.

Keywords: structural dimensions, structure, tubular (pipe) steel, computer technology, quality.

УДК 621.395

G. S. Tulentaeva, O.Meirbekova.

(International kazakh-turkish university named after K. A. Yassawi,

Kazakhstan, South Kazakhstan region, Turkestan.

: tulentaeva_g.87@mail.ru, oksana_120183@mail.ru)

INVESTIGATION OF THE OPERATING MODE OF IP-TELEPHONY

Abstract. Broadly speaking, the main task of IP-telephony is to provide natural voice or video communication of at least two persons who are subscribers of various communication networks through a packet-switched communication network. IP-telephony allows to significantly save the required bandwidth of channels, which inevitably leads to a reduction in tariffs, especially for long-distance and international telephone calls. Since traditional telephone networks commute electrical signals with a guaranteed bandwidth sufficient to transmit voice spectrum signals.

Key words: telecommunications, IP-telephony, jitter, communication, packet switching, sound mode

Г.С. Тулентаева, О.Д.Меирбекова

(Международный казахско-турецкий университет

им. Х. А. Ясави, Казахстан, Южно-Казахстанская область, г.Туркестан

tulentaeva_g.87@mail.ru, oksana_120183@mail.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ IP-ТЕЛЕФОНИИ

Аннотация. В широком смысле основная задача IP-телефонии заключается в обеспечении естественного речевого или видеообщения как минимум двух лиц, являющихся абонентами различных коммуникационных сетей, посредством сети связи с коммутацией пакетов. IP-телефония позволяет существенно экономить требуемую полосу пропускания каналов, что неизбежно ведёт к снижению тарифов, особенно на междугородние и междугородные телефонные разговоры. Так как традиционные телефонные сети коммутируют электрические сигналы с гарантированной полосой пропускания, достаточной для передачи сигналов голосового спектра.

Ключевые слова: телекоммуникация, IP-телефония, джиттер, связь, коммутация пакетов, звуковой режим

Работа устройств в сети Интернет осуществляется с использованием специального Интернет-протокола (Internet Protocol — IP). В настоящее время протокол IP используется не только в сети Интернет, но и в других сетях передачи данных с пакетной коммутацией (локальных, корпоративных, региональных и другие). И во всех этих сетях, в принципе, имеется возможность передавать речевые сообщения с использованием пакетов данных. Такой способ передачи речи и получил название IP-

телефония. За рубежом обычно употребляется аббревиатура VoIP—Voice over IP, хотя часто используют более узкий термин «Интернет-телефония». В данное время продолжает развиваться Национальная сеть передачи данных, осуществляется модернизация и реконструкция телефонной сети общего пользования, формируются информационные ресурсы, расширяется перечень современных и перспективных услуг телекоммуникаций, включающий такие услуги как: электронный документооборот; электронная коммерция; дистанционное обучение; мультимедиа; телеконференции; IP-телефония.

Традиционные телефонные сети коммутируют электрические сигналы с гарантированной полосой пропускания, достаточной для передачи сигналов голосового спектра. Такие сети основаны на технологии коммутации каналов, которая для каждого телефонного разговора требует выделенного физического соединения. Следовательно, один телефонный разговор представляет собой одно физическое соединение телефонных каналов. Основным недостатком телефонных сетей с коммутацией каналов является неэффективное использование полосы канала - во время пауз в речи каналов не несет никакой полезной нагрузки. Сети с коммутацией пакетов не обеспечивают гарантированной пропускной способности, поскольку не обеспечивают гарантированного пути между точками связи, т. к. IP - это не ориентированный на установление соединения и ненадежный протокол передачи. Термин "не ориентированный на установление соединения" означает, что сеанс для обмена данными не устанавливается. Термин "ненадежный" означает, что доставка не гарантируется. IP всегда предпринимает все усилия, чтобы доставить пакет. Для приложений, где не важен порядок и интервал прихода пакетов, например, e-mail, время задержек между отдельными пакетами не имеет решающего значения. IP-телефония является одной из областей передачи данных, где важна динамика передачи сигналов, которая обеспечивается современными методами кодирования и передачи информации. Увеличение пропускной способности каналов IP-телефонии приводит к возможности успешной конкуренции с традиционными телефонными сетями. /1/

При IP-телефонии возникает ряд очевидных проблем, вследствие того, что речевые потоки преобразуются в IP-пакеты, из-за этого речь одного собеседника может доходить до другого с опозданием, пакеты могут приходить с разной скоростью. Для предотвращения задержек голосового/12/ общения в режиме реального времени, наиболее значимой становится задача исследования методов и путей повышения качества/10/, функционирования цифрового оборудования. /2/ Чтобы сделать IP-систему более безопасной/13/, не менее важно защитить IP- и программные телефоны.

Целью данной статьи является исследование методов и путей снижения задержек и повышения качества работы узла IP-телефонии.

Методика проведения эксперимента. Для проведения исследования на рисунке 1 приведена локальная сеть, состоящая из hub, пяти компьютеров. Один из компьютеров является сервером /7/, где выполняются изменение параметров программы PIPE, т. е. изменяются размеры звукового буфера и звуковые режимы.

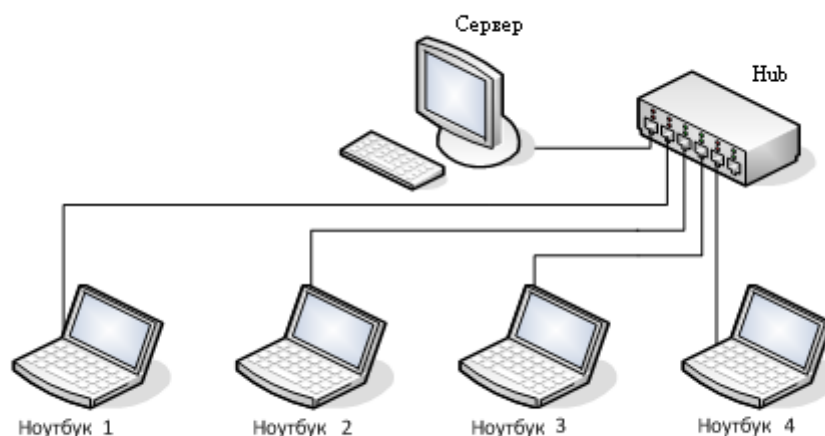


Рис. 1. Локальная сеть IP-телефонии

PIPE (Personal Internet Phone Equipment -Персональное оборудование IP-телефонии) - предназначена для голосового общения в режиме реального времени при соединении компьютеров и IP сети.

PIPE обеспечивает надежную и качественную передачу голоса IP-телефонии через Интернет либо локальную сеть. /3/

Для оценки снижения задержек и обеспечения качественной речи эксперимент проводится по двум режимам: Direct Sound и Waveform Audio. Изменяя размер звуковых буферов, где накапливается информация, фиксируется задержка голосового сигнала по секундомеру.

Когда речь или данные разбиваются на пакеты для передачи через IP-сеть, пакеты часто прибывают в пункт назначения в разное время и в разной последовательности. Это создает разброс времени доставки пакетов, которое называется джиттером/6/. Он приводит к специфическим нарушениям передачи речи, слышимым как трески и щелчки, т. е. как шум. Буфер сохраняет пакетов данных до тех пор, пока все пакеты не будут получены и можно будет передать в требуемой последовательности для минимизации джиттера/9/ (т.е. шума). В буфере происходит прием и переупорядочивание пакетов для обеспечения интеллектуальной обработки потерь пакетов и времени задержек между пакетами. Главной целью здесь является преодоление влияния переменной задержки между пакетами, т. е. джиттера/5/. Решение этой проблемы состоит в буферизации достаточного числа поступающих пакетов (при отложенном их воспроизведении) в зависимости от размера буфера с тем, чтобы воспроизведение было непрерывным, даже если время между поступлением пакетов сильно разнится. Т. е. чем больше размер звукового буфера, тем меньше будет шум, но речевые сигналы будут приниматься с опозданием, т. е. с задержкой, с промежутком времени, требуемый для передачи пакета через сеть и время необходимое цифровому сигнальному процессору DSP или другим устройствам обработки для кодирования и декодирования речевого сигнала. /1/

По результатам эксперимента, используя локальную сеть (рис.1) информация передавалась с ноутбука 1 на ноутбук 2 через сервер и всем остальным ноутбукам. Условия эксперимента таковы, изменяем L- размеры звукового буфера (L=1, 3, 5,... кбайт) и определяем время задержек в двух режимах. Результаты эксперимента отражены на рисунке 2, где представлены зависимость времени задержек речи от размера звуковых буферов по обоим режимам.

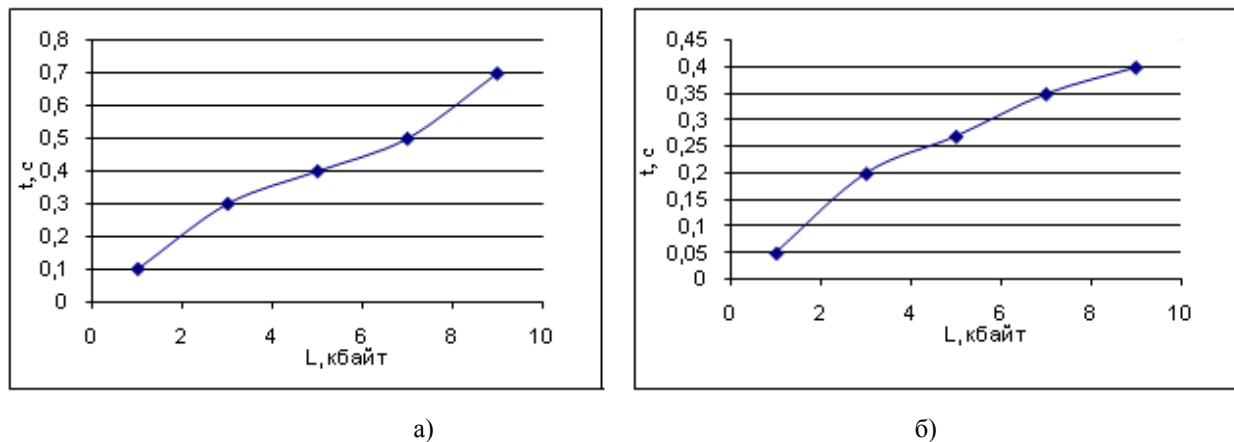


Рис.2. Зависимость времени задержек речи от размера звуковых буферов в режимах
а) Direct Sound и б) Waveform Audio

Таким образом, как показано на рисунке 2, при меньшем размере объема буфера (L) временная задержка при приеме голоса минимальная, но уровень шумов максимальный, при этом голосовой сигнал был принят с незаметной задержкой, и тональность речи была неразборчива. А при большем размере получают противоположные результаты (т.е. уровень шумов максимальный, но временная задержка минимальная), где отлично разборчива тональность речи, но большая временная задержка голоса. Поэтому, в целях удовлетворения требованиям потребителя наиболее лучшим вариантом будет являться принимаемый голос со средним размером звукового буфера/8/.

В инструкции данной программы PIPE не указаны достоинства и недостатки указанных режимов, поэтому была проведена сравнительная характеристика задержек голосового сигнала/11/ в двух режимах на рисунке 3, чтобы выявить преимущества одного режима перед другим.

Кроме того, программа была дополнена с функций «искажения», изменяемых пределах 0,001-0,01%. Дополнительные эксперименты будут проведены для функции «искажения» 0,005%. Результаты эксперимента в данном случае не отражены, т. к. в дальнейшем предполагается исследования более детального характера.

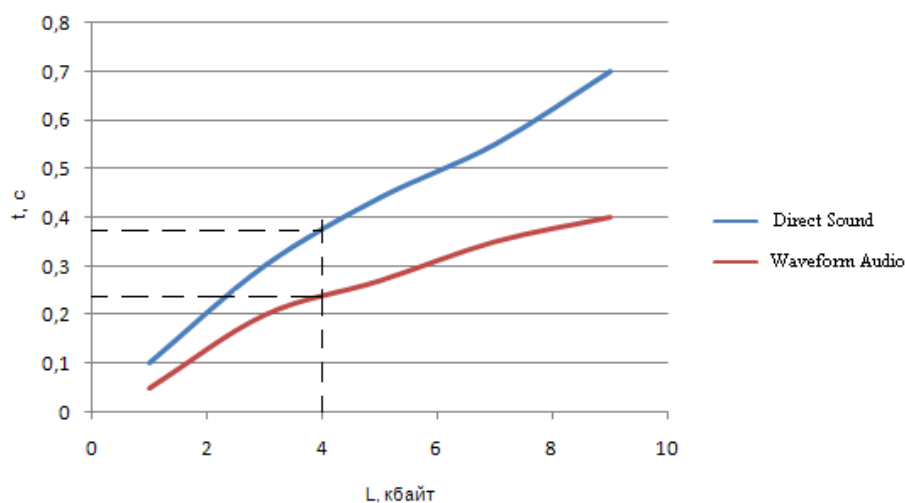


Рис.3. Сравнительная характеристика задержек голосового сигнала для звуковых режимов Direct Sound и Waveform Audio

Как показано на рисунке 3, при сравнении двух звуковых режимов Direct Sound и Waveform Audio/2/ можно сделать вывод, что наиболее лучшим из них является режим Waveform Audio. Например, там где $L=4$ кбайт видно, что задержка голосового сигнала для Waveform Audio $t=0,22$ с, а для режима Direct Sound $t=0,36$ с, так как при данном режиме качество тональности голоса улучшается, речь становится разборчивее, эхо подавляется.

Вывод. Таким образом, проведенный эксперимент рекомендует наилучшие условия работы узла IP-телефонии для локальной сети.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Росляков А.В., Самсонов М.Ю., Шибаева И.В. IP-телефония. - М.: Эко-Трендз, 2003.-252с.
- [2] Всеволод Кшиштов, Системы подвижной радиосвязи/ Перевод с польского И.Д. Рудинского; под ред. А.И. Ледовского, М.: Горячая линия –Телеком, 2006.-429 с.
- [3] Камнев В.Е., Черкашев В.В., Чечен Г.В. Спутниковые системы связи. — Учебное пособие. — М.: Альпина, 2004. — 536 с.
- [4] Григорьев В.А., Лагутенко О.И., Распаев Ю.А. Сети и системы радиодоступа. — Учебное пособие. — М.: Эко-Трендз, 2005.-384 с.
- [5] Иванова Т.И. Корпоративные сети связи – М.: Эко-Трендз, 2009.-282 с.
- [6] Шахгильдяна В.В. Системы фазовой синхронизации с элементами дискретизации. — Учебное пособие. — М.: Радио и связь, 2002. — 465 с.
- [7] Бартенев В.А., Кантора Л.Я. Спутниковая связь и вещание. —Справочник. —3-е издание.- М.: Радио и связь, 2007. — 528 с.
- [8] Липеровский В.А., Похотелов О.А. Ионосферные предвестники землетрясений. — Справочник. — М.: Наука, 2004. — 304 с.
- [9] Скляр Б. Цифровая связь. — Теоретические основы и практическое применение.— М.: Вильямс, 2003. — 1104 с.
- [10] Альперт Я.Л. Распространение радиоволн вдоль земной поверхности . — Учебное пособие.— М.: Наука, 2003. — 564 с.
- [11] Kasaei, Mohammad Javad; Gandomkar, Majid; Nikoukar, Javad. RENEWABLE ENERGY. Том:114 С:1180-1188 Част:В Опубликовано:DEC2017
- [12] Ряд технических решений для приема и вещания пакета в сетях КТВ// Электронная версия на сайте http://www.lans.spb.ru/data/files/87_file.pdf
- [13] Ведерко А.В. Доступ к интернет на основе спутниковых технологий. — Учебное пособие.— М.: Сети и системы связи, 2006. — 564 с.

Тулентаева Г.С., Меирбекова О.Д.

IP-телефония жұмысының режимін зерттеу.

Түйіндеме. Ауқымды мағынада IP-телефонияның негізгі міндеті минимум екі әртүрлі коммутациялық байланыстардың абоненттерінің табиғи сөз және видеоқарым- қатынас алмастыруды ұйымдастыру болып табылады. IP-телефония, әсіресе ел және қала арлық телефонды байаныс тарифтерін арзандатуға алып келетін арналар өткізу жолғын үнемдеуді қамтамасыз етеді. Дәстүрлі телефон желілері сигнал спектрін беру үшін жеткілікті кепілдендірілген өткізу қабілеті бар электр сигналдарын ауыстырады.

Кілт сөздер: телекоммуникация, IP-телефониясы, джиттер, байланыс, пакеттер коммутациясы, дыбыс режимі.

Tulentaeva G. Seytkhanovna, Meirbekova Oksana Dairovna

Investigation of the operating mode of IP-telephony.

Abstract. Broadly speaking, the main task of IP-telephony is to provide natural voice or video communication of at least two persons who are subscribers of various communication networks through a packet-switched communication network. IP-telephony allows to significantly save the required bandwidth of channels, which inevitably leads to a reduction in tariffs, especially for long-distance and international telephone calls. Since traditional telephone networks commute electrical signals with a guaranteed bandwidth sufficient to transmit voice spectrum signals.

Key words: telecommunications, IP-telephony, jitter, communication, packet switching, sound mode

УДК 006.036

A.Yesmaganbetova, D.Dautkanova, O.Duisenbekova, N.Smagulova

(Kazakh National Agrarian University, Almaty, Kazakhstan.

e-mail: eaigera@mail.ru)

DEVELOPMENT OF STANDARDIZATION SYSTEMS IN THE FIELD OF MANAGEMENT OF LAND RESOURCES

Abstract. Each state, regardless of its level of economic and social development, has its own system of monitoring relations in real estate. The essence of all analyzed systems remains unchanged - accounting of real estate, and first of all, land. This is of great importance for the inhabitants of the country, ensures their economic stability and regulates relations in the course of real estate turnover. And effective land management requires the creation and improvement of standardization, certification, metrology and licensing systems in the field of land management, which will support the development of the economy, the quality and serviceability of public services.

Key words: standardization, legal documents, real estate registration, real estate registration, state land cadaster.

Есмаганбетова А.Б., Даутканова Д.Р., Дуйсенбекова О.О., Смагулова Н.К.

(Казахский Национальный Аграрный Университет,

Алматы, Республика Казахстан, eaigera@mail.ru)

РАЗВИТИЕ СИСТЕМ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ

Аннотация. Каждое государство вне зависимости от уровня своего экономического и социального развития, имеет свою систему контроля отношений в области недвижимости. Суть всех проанализированных систем остается неизменной – учет недвижимости, и в первую очередь, земли. Это имеет важное значение для жителей страны, обеспечивает их экономическую стабильность и упорядочивает отношения при обороте недвижимости. А эффективное управление земельными ресурсами, требует создания и совершенствования систем стандартизации, сертификации, метрологии и лицензирования в области управления земельными ресурсами, которая будет оказывать содействие развитию экономики, качеству и сервисности государственных услуг.

Ключевые слова: стандартизация, нормативно-правовые документы, учет недвижимости, регистрация недвижимости, государственный земельный кадастр.

Эффективное управление земельными ресурсами, требует создания и совершенствования систем стандартизации, сертификации, метрологии и лицензирования в области управления земельными ресурсами. Земельные ресурсы Республики Казахстан являются основой национального богатства страны, пространственным базисом, важнейшим геополитическим и стратегическим ресурсом, а

также гарантией продовольственной безопасности. Поэтому очень важно создать функциональную, юридически грамотную и эффективную структуру управления земельными ресурсами [1].

Политика в области стандартизации определяется основными положениями, устанавливающими общие правила и требования к осуществлению нормативной деятельности в целом, составлению и согласованию планов и программ разработки нормативных документов [2], а также осуществлению экспертизы нормативных правовых актов, принимаемых на уровне субъектов Республики Казахстан, по вопросам, относящимся к компетенции Государственной корпорации «Правительство для граждан» [4-5].

Кадастровый учет недвижимости и государственная регистрация прав на недвижимое имущество и сделок с ним являются одними из основных показателей современного рынка недвижимости. Развитие рынка недвижимости невозможно без полной и достоверной информации, которая описывает эти объекты. Описание объектов недвижимости необходимо для создания эффективной системы учета недвижимого имущества и последующей его регистрации [8-9].

Утвержденные основополагающие нормативные документы должны быть направлены:

- на приведение отраслевой нормативной базы в соответствие с международными стандартами, нормами и требованиями;
- на эффективное решение задач государственного земельного кадастра, государственной кадастровой оценки земли, мониторинга земель, землеустройства и государственного контроля за использованием и охраной земель;
- на обеспечение конституционных прав граждан на земельные участки и расположенные на них объекты недвижимости;
- на регулирование применяемой в отрасли терминологии.

Государственный земельный кадастр позволяет осуществлять ряд важнейших действий, необходимых для оптимизации управления земельными ресурсами (рисунок 1).

Государственный земельный кадастр

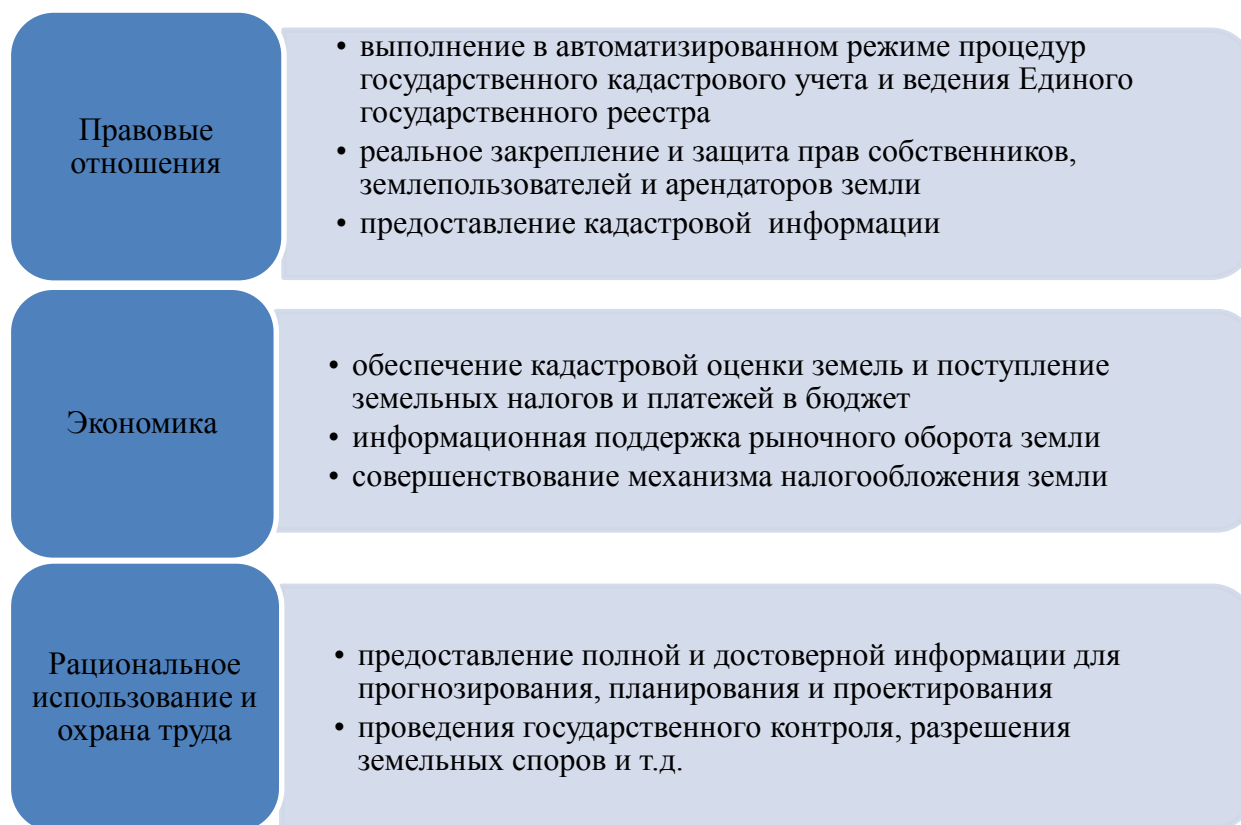


Рис.1.

Учитывая постоянно возрастающие обороты операций с недвижимостью, необходимо совокупное развитие системы информационного обеспечения кадастрового учета недвижимости и государственной регистрации прав. Совмещение в едином целом информационных, технических, экономических, правовых и организационных мер отражает комплексный подход к реализации процессов государственного кадастрового учета недвижимости и регистрации прав. Социальная и экономическая значимость учетно-регистрационных процессов обусловлена фискальной, инвентаризационной, учетной функциями недвижимости [10–11]. Одним из важнейших условий эффективного управления недвижимостью является принятая в стране система регистрации недвижимого имущества и сделок с ним.

Действующая в стране система устанавливает степень защиты прав и законных интересов граждан и организаций, а также исполнение бюджета государства и его субъектов за счет налогообложения. Регистрация прав обеспечивает гражданам титул собственности – законное право на недвижимость, которое определяет установленные нормативно-правовыми актами права его владельца и обязанности (бремя расходов по содержанию объектов, оплата за него налогов и др.). Для приобретения права собственности на недвижимое имущество его необходимо зарегистрировать установленным в законодательстве порядке. Развитие единой государственной системы регистрации прав и кадастрового учета недвижимости – это часть национальных задач по обеспечению социально-экономического развития страны, повышению качества жизни, содействию региональному развитию, повышению качества государственных услуг [9].

Мировой рейтинг систем государственной регистрации ежегодно определяется Всемирным банком. Результаты публикуются в отчетах Всемирного банка DoingBusiness, цель которых охарактеризовать инвестиционную привлекательность стран мира.

Согласно отчету DoingBusiness-2018 наивысшим рейтингом в мире по разделу «Регистрация собственности» обладала система государственной регистрации недвижимости Новой Зеландии. Рейтинг Казахстана – 17 место в мире. Рейтинги некоторых стран бывшего СССР: Литва – 3, Грузия – 4, Кыргызстан – 8, Россия – 12, Азербайджан – 21, Латвия – 22, Узбекистан – 73, Украина – 64. Для сравнения другие развитые страны Европейского региона: Италия – 23, Германия – 77, Великобритания – 47 [12].

Данный индикатор отражает общее число процедур, время и денежные затраты, необходимые для регистрации объекта недвижимости. При этом, принимаются во внимание условия стандартизированного примера с участием предпринимателя, рассматривающего возможность приобретения объекта недвижимости, с официальной регистрацией и отсутствием каких-либо обременений или ограничений из-за правовых споров. В дополнение к этому, в этом году «Ведение бизнеса» включает в группу показателей индикатора «Регистрация собственности» новый показатель, который называется индекс качества системы управления земельными ресурсами. Индекс качества системы управления земельными ресурсами включает четыре измерения: надежность системы управления земельными ресурсами, прозрачность системы управления земельными ресурсами, охват системы управления земельными ресурсами и разрешение правовых споров [13].

Показатели такого рейтинга напрямую зависят от сервисности оказываемых услуг, от их качества и доступности для населения страны.

Основными элементами системы управления недвижимостью в каждой стране мира считаются:

- законодательство, устанавливающее права в сфере недвижимости, включая право собственности и совершение сделок с объектами недвижимости, обеспечение гарантий собственности, порядок решения земельных споров (Конституции страны, гражданский и земельный кодексы, закон о регистрации, законе о собственности, закон о приватизации имущества и т.п.);
- регистрация недвижимости, прав собственности, вещных и обязательственных прав (залог, аренда, пользование);
- организационные структуры (учреждения по управлению недвижимостью, оценке ресурсов, картографированию недвижимости, инстанции по решению споров в области недвижимости, и т.п.) [14-15].

Изменение системы регистрации прав на недвижимость делает ее более удобной для правообладателей. Разработчики закона во многом связывают это с объединением единой государственной регистрации права и государственного кадастра недвижимости, передачей этих функций одному органу. Кроме того, в качестве положительного момента позиционируется сокращение срока для государственной регистрации и кадастрового учета недвижимости.

В заключение надо отметить, что объединение системы регистрации прав и кадастрового учета обусловлено необходимостью совершенствования механизма защиты правообладателей и отвечает мировым тенденциям. В настоящее время накапливается правоприменительная практика, на основе анализа которой в будущем возможно дальнейшее совершенствование системы государственной регистрации недвижимости.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] А.А. Пралиева Информационное обеспечение системы государственного земельного кадастра. // <http://docplayer.ru/52357854-Informacionnoe-obespechenie-sistemy-gosudarstvennogo-zemel'nogo-kadestra.html>
- [2] СН РК 3.01-00-2011 Инструкция о порядке разработки, согласования и утверждения градостроительных проектов в Республике Казахстан.
- [3] Земельный кодекс Республики Казахстан от 20 июня 2003 года № 442-ІІ (с изменениями и дополнениями по состоянию на 24.05.2018 г.)
- [4] Приказ Заместителя Премьер-Министра Республики Казахстан – Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 4 июля 2017 года № 285 «Об утверждении стандартов государственных услуг в сфере земельных отношений»
- [5] Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 23 декабря 2014 года № 160 «Об утверждении Правил ведения государственного земельного кадастра в Республике Казахстан»
- [6] Блисов Т.М. Земельный кадастр: Учебно-методическое пособие. - Костанай: КГУ им. А.Байтурсынова, 2011. – 134с.
- [7] Клебанович Н. В. Земельный кадастр: учебное пособие / Н.В. Клебанович: – Минск: БГУ, 2006.
- [8] Ивчатова Н.С. Сравнительный анализ учетно-регистрационных систем недвижимости в различных странах. // Интерэкспо Гео-Сибирь. (Экономика и экономические науки)., - 2016, - С. 3-12.
- [9] Закон Республики Казахстан от 26 июля 2007 года № 310-ІІІ «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 27.02.2017 г.)
- [10] Киселева А. О., Ключниченко В. Н. Разработка информационных форм ведения баз данных о недвижимом имуществе для целей кадастра // Вестник СГГА. – 2012. – Вып. 4 (20). – С. 87–92.
- [11] Ивчатова Н. С. Организационно-технологические предпосылки создания межрегионального учетно-регистрационного центра на территории Новосибирской области // Вестник СГГА. – 2014. – Вып. 1(25). – С. 67–78.
- [12] <http://russian.doingbusiness.org/data/exploretopics/registering-property>
- [13] <http://russian.doingbusiness.org/Methodology/Registering-Property>
- [14] Черемшинский Г. Обзор опыта зарубежных стран в создании земельных регистрационных систем // <http://masters.donntu.org/2011/igg/pahomova/library/art3/art3.htm>
- [15] Stoiko N., Parsova V., Environmental dimensions of rural development in land use planning circumstances in Ukraine // Engineering for Rural Development – 2017

Есмаганбетова А.Б., Даутканова Д.Р., Дуйсенбекова О.О., Смагулова Н.К.

Жер ресурстарын басқару саласын стандарттау жүйесін жетілдіру

Резюме. Әрбір мемлекет деңгейіне қарамастан, өзінің экономикалық және әлеуметтік даму, өз бақылау жүйесін қатынастар саласында жылжымайтын мүлік. Мәні барлық талданған жүйелер өзгеріссіз қалады – есепке алу жылжымайтын мүлік, және, бірінші кезекте, жерлер. Бұл үшін маңызды болып табылады еліміздің тұрғындарын қамтамасыз етеді, олардың экономикалық тұрақтылығы мен қарым-қатынас кезінде айналымдағы жылжымайтын мүлік. Ал тиімді басқару жер ресурстарын талап етеді, құру және жетілдіру, стандарттау, сертификаттау, метрология және тұлғалардың

Кілт сөздер: стандарттау, нормативті-құқықтық құжаттар, жылжымайтын мүлікті есепке алу, жылжымайтын мүлікті тіркеу, мемлекеттік жер кадастры.

Yesmaganbetova A., Dautkanova D., Duisenbekova O., Smagulova N.

Development of standardization systems in the field of management of land resources

Abstract. Each state, regardless of its level of economic and social development, has its own system of monitoring relations in real estate. The essence of all analyzed systems remains unchanged - accounting of real estate, and first of all, land. This is of great importance for the inhabitants of the country, ensures their economic stability and regulates relations in the course of real estate turnover. And effective land management requires the creation and improvement of standardization, certification, metrology and licensing systems in the field of land management, which will support the development of the economy, the quality and serviceability of public services.

Key words: standardization, legal documents, real estate registration, real estate registration, state land cadaster.

УДК004.4:004.946; 517.958:532.5

G.Z. Kaziye¹, A.A. Taurbekova²

(¹Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan,

²PhD student KazNTU named after K.I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan

E-mail: kaziev_galim@mail.ru, ainura_071@mail.ru)

METHODS FOR DISTRIBUTING SOFTWARE PACKAGES IN MULTIPROCESSOR SYSTEMS

Abstract. The work considers the development of new approaches and methods that allow to set and solve the problems of design and operation of information systems.

Also, the formulation and solution of the problem of distribution of complex software systems in multiprocessor systems (MS) is considered.

Key words: multiprocessor system (MS), complex applied problems, parallel calculation, method, algorithm, databases.

Г.З. Казиев, А.А. Таурбекова

(¹Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы

²докторант PhDKазНТУ им. К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан

E-mail: kaziev_galim@mail.ru, ainura_071@mail.ru)

МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ В МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация. В данной работе рассматривается разработка новых подходов и методов, позволяющих ставить и решать задачи проектирования и эксплуатации информационных систем.

А также рассматривается постановка и решение задачи распределения сложных программных комплексов в многопроцессорных системах (МС).

Ключевые слова: многопроцессорная система (МС), сложные прикладные задачи, параллельное вычисление, метод, алгоритм, базы данных.

В настоящее время имеются мощные вычислительные системы, которые позволяют решать сложные прикладные задачи и программные комплексы с большой производительностью. К таким вычислительным системам можно отнести многопроцессорные системы (МС), однородные вычислительные комплексы, сети ЭВМ различного уровня и назначения.

Вместе с тем при реализации сложных задач в многопроцессорных системах возникает необходимость распараллеливания вычислений, т.е. декомпозиции задачи и распределения ее частей по процессорам. Это позволит значительно ускорить решение задачи в таких системах.

В процессе постановки и решения многих задач в информационных системах возникает проблема их размерности, что существенно затрудняет практическое применение данных задач. Существующие методы также не позволяют эффективно решать задачи данного класса.

Поэтому возникает необходимость разработки новых подходов и методов, позволяющих ставить и решать задачи проектирования и эксплуатации информационных систем.

Одной из таких задач является распределение сложных прикладных задач и программных комплексов, представляющих собой совокупность программных модулей и используемой ими базы данных в многопроцессорных вычислительных системах.

Решение данной задачи позволяет обеспечить параллельное вычисление прикладных задач любой сложности в многопроцессорных системах за счет эффективной передачи массивов базы данных в процессе обмена между процессорами.

1. Постановка задачи

Рассмотрим постановку и решение задачи распределения сложных программных комплексов в многопроцессорных системах (МС).

Пусть, задано множество программных модулей $A = \{a_i; i = \overline{1, I}\}$ и множество массивов базы данных $B = \{b_j; j = \overline{1, J}\}$. Взаимосвязи между программными модулями и массивами базы данных определяются матрицей $D = \|d_{ij}\|$, где $d_{ij} = 1$, если i -й программный модуль использует данные j -го массива

базы данных в процессе решения сложной прикладной задачи или реализации прикладного программного комплекса и $d_{ij} = 0$, в противном случае.

Таким образом, сложная задача либо программный комплекс, который должен быть реализован в многопроцессорной вычислительной системе, представляется в виде программных модулей и взаимодействующих с ними массивов базы данных. Пусть, задана многопроцессорная вычислительная система, которую можно представить в виде графе $G = \|g_{mn}\|$, $g_{mn} = 1$, если между узлами существует связь, $g_{mn} = 0$, в противном случае, $m, n = \overline{1, N}$.

Необходимо распределить программные модули и массивы базы данных по процессорам (узлам) многопроцессорной вычислительной системы таким образом, чтобы минимизировать число (объем) передаваемых массивов базы данных между узлами системы.

Для постановки задачи введем следующие переменные и обозначения.

$$x_{mi} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й программный модуль решается в } m\text{-ом процессоре;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

$$y_{jn} = \begin{cases} 1, & \text{если } j\text{-й массив базы данных считывается в } n\text{-й процессор;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Определим ряд вспомогательных переменных следующим образом.

$$\alpha_{mj} = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{i=1}^I x_{mi} d_{ij} \geq 1; \\ 0, & \text{если } \sum_{i=1}^I x_{mi} d_{ij} = 0. \end{cases}$$

Переменная α_{mj} - определяет необходимость считывания j -го массива базы данных в m -й процессор в ходе реализации заданного программного комплекса.

$$\beta_{in} = \begin{cases} 1, & \text{если } \sum_{j=1}^J d_{ij} \cdot y_{jn} \geq 1; \\ 0, & \text{если } \sum_{j=1}^J d_{ij} \cdot y_{jn} = 0. \end{cases}$$

Переменная β_{in} определяет размещение i -го программного модуля в n -ом процессоре для решения заданного программного комплекса.

В качестве критерия эффективности целесообразно использовать число либо объемы передаваемых данных (массивов) между процессорами МС.

Число передаваемых массивов между процессорами m и n можно представить в виде

$$\Xi_{mn} = \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I a_{mj} \beta_{in} \cdot g_{mn}$$

Общее число передачи массивов данных между процессорами можно определить следующим образом

$$P = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N X_{mi} d_{ij} g_{mn} Y_{jn}$$

В этом случае, задача параллельной обработки данных в многопроцессорных системах формулируется следующим образом

$$\sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N X_{mi} d_{ij} g_{mn} Y_{jn} \rightarrow \min$$

При ограничениях на:

-реализацию программного модуля только в одном процессоре

$$\sum_{i=1}^I X_{mi} = 1;$$

-реализацию массива базы данных только в одном процессоре

$$\sum_{j=1}^J y_{jn} = 1;$$

-объем передаваемых данных в m-й процессор

$$\sum_{j=1}^J V_j a_{mj} \leq V_m, \quad m = \overline{1, M};$$

-время обработки программ и массивов в m-й процессоре

$$\sum_{i=1}^I t_i \beta_{im} + \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J t_{ij} a_{mj} \leq T_m, \quad m = \overline{1, M};$$

Рассмотрим выражения (5). При условии, что $\|g_{mn}\|, m, n = \overline{1, M}$; полный граф указанную функцию можно представить следующим образом

$$\sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{n=1}^N X_{mi} d_{ij} y_{jn} \rightarrow \min$$

Сформулированная задача относится к классу блочно-симметричных задач дискретного программирования

Для ее решения, разработан модифицированный алгоритм позволяющий решать задачи больших размерностей.

2. Алгоритм решения задачи

Рассмотрим алгоритм решения задачи распределения программных комплексов и массивов базы данных в многопроцессорных вычислительных системах.

Для разработки эффективных алгоритмов распределения программных и информационных ресурсов по узлам вычислительных систем и комплексов доказано следующее утверждение.

Утверждение 2. Распределение множества $A = \{a_i; i = \overline{1, I}\}$ программных модулей по узлам вычислительной системы соответствует логическому сложению строк заданной матрицы $D=[d_{ij}]$ размещенных в одном узле, а распределение множества $B = \{b_j; j = \overline{1, J}\}$ массивов базы данных – логическому сложению столбцов матрицы $D=[d_{ij}]$ размещенных в одном узле.

Результаты сформулированного утверждения позволяют определить оценки и направление поиска решения для разработки эффективных алгоритмов распределенной и параллельной обработки данных в вычислительных системах и комплексах.

Введем понятие базиса решения задачи распределения множества программных и информационных ресурсов по узлам вычислительных систем и комплексов.

Определение 2. Под базисом понимается первоначальное распределение программных модулей из множества A и массивов базы данных из множества B по узлам вычислительной системы, определенного в виде подматрицы Z , при условии, что в каждом узле размещен хотя бы один программный модуль и массив базы данных.

Подматрицу Z , элементы которых определены, путем перестановки строк и столбцов матрицы W и их перенумеровки всегда можно определить в левом верхнем углу, что упрощает процедуру оценок и определения поиска решения.

Таким образом, базис Z определяет начальное решение задачи. Базис обычно задается исходя из постановки задач, либо определяется по заданным критериям. Для решения задачи распределения программных и информационных ресурсов по узлам вычислительных систем и комплексов число строк и столбцов базиса Z равно числу узлов вычислительной системы, т.е. базис Z является квадратной матрицей.

Определение 3. Величины d_{im} и $\overline{d_{jn}}$, определяемые как сумма приращений при логическом сложении небазисных строк с базисными, небазисных столбцов с базисными, в рамках базиса назовем оценками направления поиска решения.

Вычисленные значения оценок d_{im} и $\overline{d_{jn}}$ составляют соответственно матрицы $D = \|d_{im}\|$ и $\overline{D} = \|\overline{d_{jn}}\|$. Минимальные значения элементов d_{im} и $\overline{d_{jn}}$ определяют отображение (распределение) программных модулей и массивов базы данных по узлам вычислительной системы.

В процессе отображения с матрицами D и $\overline{D}$ тесно связаны матрицы состояний соответственно $\pi = \|\pi_{mj}\|$ и $Z = \|z_{mn}\|$, указывающие текущее состояние исходной матрицы W после операции отображения, которые заключаются в логическом сложении небазисных строк (столбцов) с базисными.

Разработанный алгоритм итеративных отображений (АИО-1) распределения программных модулей и массивов базы данных по процессорам мультимикропроцессорной вычислительной системы состоит из следующих операций:

Шаг 1. Ввод матрицы W . Определение базиса Z . Переход к шагу 2.

Шаг 2. Вычислить оценки d_{mi} и составить матрицу $D = \|d_{mi}\|$. Переход к шагу 3.

Шаг 3. Зафиксировать начальное решение $X^0 = \|X^0_{mi}\|$ и состояние матрицы $\pi = \|\pi_{mj}\|$ переход к шагу 4.

Шаг 4. k – я итерация. В матрице D найти k – й минимальный элемент $d_{mi} \dots$. Разместить i – й программный модуль в m^* – й узел. Сложить i – ю строку матрицы W с m^* – й строкой. Переход к шагу 5.

Шаг 5. Определить текущие элементы матрицы X . Проверить ограничения, зависящие от переменной X . Если они удовлетворены, то переход к шагу 6, иначе к шагу 4.

Шаг 6. Исключить столбец с номером i^* . Зафиксировать текущее состояние матрицы $\pi = \|\pi_{mj}\|$, пересчитав величины d_{mi} относительно столбца i^* с учетом нового состояния π . Переход к шагу 7.

Шаг 7. Проверить условие: Все ли процедуры распределены по узлам вычислительной системы. Если нет, то перейти к следующей итерации, приняв $k=k+1$. Иначе переход к шагу 8.

Шаг 8. Зафиксировать содержание матриц X и π . Переход к шагу 9.

Шаг 9. Вычислить оценки $\overline{d_{jn}}$ относительно матрицы π и составить матрицу $\overline{D} = \|\overline{d_{jn}}\|$. Переход к шагу 10.

Шаг 10. s – я итерация. В матрице $\overline{D}$ найти s – й минимальный элемент $\overline{d_{jn}} \dots$. Разместить j^* – й массив базы данных в n^* – й узел. Сложить j^* – й столбец матрицы π с n^* – ым столбцом базиса Z . Переход к шагу 11.

Шаг 11. Определить текущие элементы матрицы Y . Если они удовлетворены, то переход к шагу 12, иначе к шагу 10.

Шаг 12. Исключить строку в матрице $\overline{D}$ с номером j^* . Зафиксировать текущее состояние матрицы Z . Пересчитать оценки $\overline{d_{jn}}$ относительно строки j^* с учетом нового состояния матрицы Z . Переход к шагу 13.

Шаг 13. Проверить условие: все ли массивы базы данных распределены по узлам микропроцессорной системы? Если нет, то перейти к следующей итерации, приняв $s=s+1$, иначе переход к шагу 14.

Шаг 14. Вывод решения задачи: матриц $X, Y, \pi = Z$ и значения целевой функции $\sigma(z)$.

На основе утверждения и введенных понятий в работе разработаны и предложены эффективные алгоритмы решения сформулированных задач.

Следует отметить, что блочно – симметричные модели, методы и инструментальные средства могут быть использованы в самых разных областях для решения прикладных задач. В качестве примера рассмотрим сферу экономики.

Заключение

Сформулирована и поставлена задача распределения сложных программных комплексов по процессорам в многопроцессорных вычислительных системах. Разработан и предложен эффективный алгоритм данной задачи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сигал И.Х. Параметризация приближенных алгоритмов решения некоторых классов задач дискретной оптимизации большой размерности// Известия РАН. Теория и системы управления.-2002.-№6.-С.63-72.
- [2] Казиев Г.З. Блочно-симметричные модели и методы постановки и решения задач дискретного программирования // Вестник инженерной академии РК № 2 (10). –Алматы, 2000.-С.55-59
- [3] Сигал И.Х., Алгоритмы решения задач коммивояжера большой размерности// В кн.: «Комбинированные методы и алгоритмы решения задач дискретной оптимизации большой размерности». – М.: Наука, 2000. С-295-317.
- [4] Казиев Г.З. Модели и методы разграничения доступа к информационным ресурсам.// Труды II Международной научно-технической конференции «Информатизация общества», ЕНУ имени Л.Н.Гумилева, Астана, 2010, С.419-422.
- [5] Малюгин В.Д. Реализация булевых функций арифметическими полиномами// Автоматика и телемеханика.-1982.-№4.-С.73.

Қазиев Г.З., Таурбекова А.Ә.

Микропроцессор жүйесінде бағдарламалық пакеттерді тарату әдістері

Түйіндемесі.Берілген жұмыстааппараттық жүйелерді жобалау мен пайдалану мәселелерін шешуге және шешуге мүмкіндік беретін жаңа тәсілдер мен әдістерді әзірлеу қарастырылады.

Сондай-ақ, көпроцессорлық жүйелерде (MS) күрделі бағдарламалық жүйелерді тарату мәселелерінің оңтайлы әдісі қарастырылып, есептің қойылымы жасалған.

Тірек сөздер: көпроцессорлық жүйе (МС), кешенді қолданбалы тапсырмалар, параллель есептеу, әдіс, алгоритм, дерекқорлар.

Kaziyeu G.Z., Taurbekova A.A.

Methods for distributing software packages in multiprocessor systems

Annotation. The work considers the development of new approaches and methods that allow to set and solve the problems of design and operation of information systems.

Also, the formulation and solution of the problem of distribution of complex software systems in multiprocessor systems (MS) is considered.

Keywords: multiprocessor system (MS), complex applied problems, parallel calculation, method, algorithm, databases.

УДК 622.882

T.Kalybekov, K.B.Rysbekov, M.N.Sandibekov

(Non-commercial joint stock unity «Kazakh National Research Technical University after K.I.Satpayev» Almaty city, Republic of Kazakhstan

t.kalybekov@mail.ru, kanay_r@mail.ru, sandibekovm@mail.ru

STUDYING OF THE DIRECTION OF RECLUTIVATION OF DISTURBED BY OPEN MINING LAND WORKS

Abstract. Importance of studying of the choice of the rational direction of technologically disturbed lands reclutiv-ation on open-cast minings according to their mining-and-geological and mining conditions, the production technology of mining operations and the area of the field placement is shown. The given experiences of justification of the disturbed territory reclutiv-ation direction on the developed fields can be used at subsoil exploitation in the open way for the mined-lands reclutiv-ation problem solution during conducting mining operations at various mining enterprises.

Keywords: direction, reclutiv-ation, pit, surface disturbance, dump.

Т. Калыбеков, К.Б. Рысбеков, М.Н. Сандибеков

(Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева,
Алматы, t.kalybekov@mail.ru, kanay_r@mail.ru, sandibekovm@mail.ru)

РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ, НАРУШЕННЫХ ОТКРЫТЫМИ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ

Аннотация: Показана важность изучения выбора рационального направления рекультивации техногенно нарушенных земель на открытых разработках в соответствии с их горно-геологическими и горнотехническими условиями, технологией производства горных работ и районом размещения месторождения. Приведенные опыты обоснования направления рекультивации нарушенной территории на разрабатываемых месторождениях могут быть использованы при освоении недр открытым способом для решения проблемы восстановления нарушаемых земель в период ведения горных работ на различных горнорудных предприятиях.

Ключевые слова: направление, рекультивация, карьер, нарушение земель, отвал.

Введение. Освоение месторождений минерального сырья открытым способом связано с нарушением значительных земельных ресурсов в период их эксплуатации. Поэтому в соответствии с требованиями законодательства «О недрах и недропользовании» и «Земельным кодексом» Республики Казахстан недропользователи при освоении месторождений полезных ископаемых обязаны осуществлять [1,2]:

- рекультивацию нарушенных земель, восстановление их плодородия и других полезных свойств земли и своевременное вовлечение ее в хозяйственный оборот;

- восстанавливать участки земли и другие природные объекты, нарушенные вследствие проведения операций по недропользованию, до состояния, пригодного для дальнейшего использования, в соответствии с законодательством Республики Казахстан.

В соответствии с «Экологическим кодексом» Республики Казахстан природопользователи при проведении операций по недропользованию, геологоразведочных, строительных и других работ обязаны [3]:

- содержать занимаемые земельные участки в состоянии, пригодном для дальнейшего использования их по назначению;

- снять, сохранить и использовать плодородный слой почвы при проведении работ, связанных с нарушением земель;

- проводить рекультивацию нарушенных земель.

При выборе направления рекультивации нарушенных земель должны быть учтены [3]:

- характер нарушения поверхности земельного участка;

- природные и физико-географические условия района расположения объекта;

- социально-экономические особенности расположения объекта с учетом перспектив развития района и требований охраны окружающей среды;

- необходимость восстановления основной площади нарушенных земель под пахотные угодья в зоне распространения черноземов и интенсивного сельского хозяйства;

- необходимость восстановления нарушенных земель в непосредственной близости от населенных пунктов под сады, подсобные хозяйства и зоны отдыха, включая создание водоемов в выработанном пространстве и декоративных садово-парковых комплексов на отвалах вскрышных пород и отходов обогащения;

- выполнение на территории промышленного объекта планировочных работ, ликвидации ненужных выемок и насыпи, уборка строительного мусора и благоустройство земельного участка;

- овраги и промоины на используемом земельном участке, которые должны быть засыпаны или выположены;

- проведение в обязательном порядке озеленения территории.

На выбор рационального направления рекультивации нарушенных земель при открытой разработке месторождений полезных ископаемых также влияют следующие факторы:

- агрохимические и агрофизические свойства пород и их смеси в отвалах;

- хозяйственные и санитарно-гигиенические условия района размещения нарушенных земель;

- сроки существования техногенно нарушенных земель и возможности их повторных нарушений;

- технология производства открытых горных работ и возможность использования применяемой техники на рекультивационных работах;

- состояние нарушенных техногенных ландшафтов, а также степень и интенсивность их самозарастания.

Целесообразность последующего использования нарушенных земель для нужд народного хозяйства должны устанавливаться в соответствии с требованиями законодательства республики по недропользованию на основе региональных схем землеустройства и рекультивации, генеральных планов застройки территории, результатов инженерно-геологических изысканий на территории нарушенных земель и технико-экономических расчетов. В этой связи изучение опыта обоснования рационального направления рекультивации нарушенных земель при открытой разработке месторождений полезных ископаемых с целью использования их при работе действующих горных предприятий представляет научный и практический интерес.

Методы исследований. При разработке месторождений полезных ископаемых открытым способом основными направлениями рекультивации нарушенных земель являются [4]: сельскохозяйственное, лесохозяйственное, природоохранное, рыбохозяйственное, рекреационное, водохозяйственное и строительное.

При выполнении технического и биологического этапов направление рекультивации нарушенных земель следует выбирать с учетом характера нарушения земельных ресурсов и эколого-экономической целесообразности восстановления качественного состояния, дальнейшего целевого назначения и разрешенного использования. В качестве дополнительных критериев при выборе направления рекультивации нарушенных земель принимают во внимание следующие характеристики:

- фактическое и прогнозируемое состояние нарушенных земель к моменту рекультивации;
- современное и перспективное использование нарушенных земель по их целевому назначению;
- категория нарушенных земель и прилегающих земельных участков;
- продолжительность восстановительного периода;
- горно-технологические факторы, выполняемые при горнотехнической рекультивации;
- экономическая целесообразность рекультивационных работ;
- географическое расположение нарушенных земель, текущее и будущее функциональное использование в соответствии с территориальным планированием и градостроительным зонированием;
- мнение собственника земельного участка, подлежащего рекультивации;
- территориальные схемы, генеральные планы развития территорий;
- результаты общественных слушаний по проекту рекультивации нарушенных земель.

На открытых разработках рекультивация нарушенных земель в основном должна осуществляться с учетом природно-климатических и горно-геологических условий, перспективы развития района освоения недр и технологии отвалообразования, а также улучшения состояния экосистемы района разработки месторождения.

Усовершенствование способов рекультивации, увеличивающих площадь восстановления сельскохозяйственных земель за счет перемещения пород внешнего отвала в выработанное пространство карьера, после доработки месторождения проектом не предусматривается. При этом существенными недостатками известных способов рекультивации являются большие объемы переэкскавационных работ и затраты, связанные с задержкой во времени рекультивационных работ [5]. Поэтому был разработан способ рекультивации, который позволяет уменьшить площадь территории, занятой под откосами отвалов в период разработки месторождения, сочетающий в себе процессы отвалообразования и рекультивации нарушенных земель. Предлагаемый способ рекультивации заключается в формировании внешнего и внутреннего отвалов с общей поверхностью, которое осуществляется на всех этапах разработки месторождения. Создание общей поверхности внешнего и внутреннего отвалов происходит за счет формирования:

- внешнего отвала до верхней бровки борта карьера со стороны разрезной траншеи;
- внутреннего отвала впритык к внешнему с полным повторением формы его поверхности.

Формирование внешнего и внутреннего отвалов с общей поверхностью обеспечивается размещением внешнего отвала параллельно разрезной траншее высотой, не превышающей 50 м, что предусмотрено требованиями сельскохозяйственного направления рекультивации. Проектное объединение поверхностей отвалов реализуется путем увеличения высоты внутреннего отвала на начальных этапах разработки месторождения и ее уменьшением при доработке карьера за счет перераспределения отвальных пород в границах внутреннего отвала. В результате этого перераспределения поверхность внутреннего отвала будет иметь уклон до 1° , что соответствует нормам сельскохозяйственного направления рекультивации. При открытой разработке пологопадающих месторождений приведение параметров основных положений технологической схемы формирования поверхности отвалов в соответствии к требованиям рекультивации позволили увеличить площадь сельскохозяйственного направления на 78 га и повысить эффективность работ по технической рекультивации земель.

Для нарушенных территорий разработаны разнообразные схемы рекультивации, так как они отличаются по назначению территории отвода, природно-климатическим условиям, принципам горно-технической рекультивации формирования конечного рельефа, системой формирования потенциально плодородного слоя, технологией посадок и внесения семян, по видам и жизненным формам растений, по количеству их видов, высаженных на одном участке рекультивации на месторождении [6].

Критерием успешной рекультивации является приживаемость растений, поэтому необходимый уход за посевами в первый год состоит в дополнительном поливе, подкашивании травяных растений и осуществлении мониторинга высаженных ранее растений. Мониторинг посадок на дражных полигонах в долинах рек Могой и Учугей в течение пяти лет позволил определить успешный способ посадки и посева древесных видов. Наблюдения в Магаданской области и Камчатском крае показали, что проективное покрытие травостоя на следующий после посева год неравномерное, местами до 100%, на второй год существования превышает таковое естественных сообществ.

Основным направлением рекультивации Луньевского месторождения принято природоохранное с элементами лесохозяйственного восстановления и проходит в два этапа [7]: техническая и биологическая рекультивации. В рамках технической рекультивации карьера производится:

- нанесение отвальных пород на незатопленное дно карьера и поверхность внутреннего отвала слоем до 1 м;
- нанесение рыхлой вскрыши с западного участка на спланированную поверхность слоем 0,3 м, слоем 0,4 м на поверхность внутреннего отвала и слоем 0,5 м на дно карьера;
- устройство защитного земляного вала с целью предотвращения падения людей и животных в карьер по верхней бровке откоса с высотой отсыпки 2,5 м и по периметру внутренних водоемов высотой 1,5 м.

Биологическая рекультивация включает:

- внесение аммиачной селитры, двойного гранулированного супер- фосфата, хлористого калия;
- организация лесопосадок полосами шириной 11 м через 9 м, по дну карьера в условиях хорошего увлажнения выполняется посадка саженцев ели сибирской и сосны;
- посев смеси многолетних трав, с прикатыванием поверхности легкими катками в один след после посева.

Предусмотренные природоохранные мероприятия, в случае их последовательного выполнения и надлежащего надзора, обеспечивают экологическую безопасность ликвидационных работ и соответствуют основным требованиям природоохранного законодательства.

Перспектива дальнейшего использования угольных разрезов как рекреационных зон дает простор для использования восстановленных территорий [8]. Для этой цели следует продолжить развитие горнолыжного туризма в регионе и обустроить отработанные карьеры под строительство специализированных трасс, подъемников и гостиниц. Создание водоемов поспособствует развитию пляжного туризма и водных видов спорта, а рыбоводные пруды наполнят рынок свежей и живой рыбой местного производства. Также целесообразно использование опыта европейских стран, где большое распространение получило строительство садов и парков на территориях, нарушенных открытой добычей угля. Перечисленные примеры могут быть экономически выгодными для предпринимателей, однако для этого необходимо принять ряд необходимых мер:

- реализовывать проекты рекультивации в рамках государственно-частного партнерства с целью снижения затрат со стороны предприятий и повышению качества проводимых работ;
- создавать фонды рекультивации нарушенных земель для привлечения финансирования из средств предприятий, инвесторов, бюджетов федерального и регионального уровня;
- разрабатывать угольные месторождения совмещением этапов горнотехнической рекультивации и угледобычи с учетом дальнейшего использования территории.

Успешное использование восстановленных земель в рекреационной деятельности позволит Кемеровской области стать одним из самых чистых горнодобывающих регионов.

При проведении водохозяйственной рекультивации с целью формирования пожарных водоемов рекомендуется соблюдение следующих параметров [9,10]:

- выполаживание бортов противопожарного водоема в сухой части до 30°, в подводной части до 25°;
- оставление транспортной бермы по периметру водоема;
- устройство площадки с организованным безопасным подъездом со стороны автодороги для забора воды.

Создание пожарного водоема на месте отработанного карьера является экономически и экологически выгодным направлением рекультивации, улучшающим ландшафтную характеристику района и создающим дополнительный противопожарный запас воды. Своевременно принимаемые и реализуемые меры по рекультивации техногенно нарушенных земель в процессе добычи полезного ископаемого и после окончания отработки карьера сокращают значительные затраты на проведение рекультивационных работ.

Наиболее актуальным направлением рекультивации для степной зоны является лесохозяйственное, в результате которого опасные для окружающей среды территории засаживаются лесными культурами [11]. Искусственный лес вследствие своего средообразующего значения увеличивает влажность воздуха, снижает скорость ветра, защищает почву от эрозии и оказывает положительное влияние на окружающую степную обстановку.

Воды озер, сформировавшихся при разработке угольных разрезов, по гидрохимическим показателям, солевому составу, степени минерализации пригодны для широкого использования в технических, мелиоративных и рыбохозяйственных целях [12]. Возникшие «техногенные озера» следует сохранить как рекреационную зону отдыха, для этого необходимо и целесообразно придать эстетическую привлекательность территории, и после отработки запасов недр превратить нарушенную территорию в участки с красивым пейзажем. Рекреационные объекты могут быть представлены различными формами: сады, парки, аттракционы на берегу озер и восстановленных зон, рыбопродуктивные пруды. Существующие водоемы и обустроенные в зоны отдыха могут использоваться под пляжи, лыжные трассы и даже музея горного дела.

Состояние рекультивации нарушенных горными разработками земель в Белгородской области характеризуется строгим контролем за мероприятиями по рекультивации нарушенных земель на эксплуатируемых карьерах. На них осуществляются начальные этапы горнотехнической рекультивации и биологической рекультивации уже в процессе разработки месторождения [13].

Основными направлениями рекультивации техногенно нарушенных земель на отработанных карьерах являются: водохозяйственное, сельскохозяйственное и лесохозяйственное. Каждое направление оправдано с точки зрения сформировавшихся природно-хозяйственных условий территории.

С целью улучшения геоэкологической ситуации на карьерах следует проводить при рекультивации нарушенных территорий оптимизацию карьерно-отвальных ландшафтов с учетом их внутренней структуры и внешних связей.

Возможность дальнейшего использования рекультивированных земель зависит от особенностей нарушенного участка, ландшафтного планирования территории, инженерно-технических характеристик, градостроительной ценности территории и экономической целесообразности [14]. Если нарушенная территория расположена вблизи или в границах населенного пункта, то следует оценить ее градостроительную ценность и возможность дальнейшего использования. Техногенные формы рельефа, загрязненные участки ухудшают санитарно-гигиенические условия близкорасположенных районов, обуславливают дробность и неэкономичность архитектурно-планировочных решений, необходимость отчуждения дополнительных земель, преобразование и уничтожение природных ландшафтов. В этих условиях важным направлением является восстановление нарушенных территорий для целей градостроительства.

Создание варианта рекреационного пруда предложено площадью около 30 га и глубиной 15 м, на берегу которого предусматривается организация пляжа, автостоянки, буфета и других объектов, связанных с функционированием зоны отдыха [15]. Пляж шириной 50 м и длиной 750 м имеет площадь 3,75 га, что по существующим нормам позволит обеспечить отдых около 1800 человек. Тогда осуществляется рекультивация нарушенных земель одновременно с ведением вскрышных работ и строительство рекреационных зон при минимальных дополнительных затратах.

Результаты исследования. На основании изучения опыта выбора рационального направления рекультивации нарушенных земель, расположенных в различных физико-географических районах, с присущими природными, горно-геологическими и горнотехническими условиями, принятые нижеследующие рациональные варианты восстановления техногенных территорий предлагается использовать на действующих горных предприятиях:

- недропользователям следует соблюдать основные требования законодательства Республики Казахстан, предъявляемые к природопользователю при проведении операций по недропользованию, с целью своевременной рекультивации нарушенных земель до состояния, пригодного для дальнейшего использования;

- действующим горным предприятиям следует использовать опыт обоснования рационального направления рекультивации нарушенных земель при открытой разработке месторождений полезных ископаемых;

- при выборе направления рекультивации должны учитываться состояние нарушенных земельных ресурсов и эколого-экономическая целесообразность восстановления, дальнейшее целевое использование в соответствии с территориальным планированием и градостроительным зонированием;

- приведение параметров технологической схемы формирования поверхности отвалов открытой разработки пологопадающих месторождений в соответствие к требованиям рекультивации увеличивает восстановленную площадь сельскохозяйственного направления;

- учет природно-климатических условий, принципов горнотехнической рекультивации формирования конечного рельефа, технологии посадок и количество высаженных на одном участке растений позволяет разработать разнообразные схемы рекультивации;

- экологическая безопасность ликвидационных работ и обеспечение требований природоохранного законодательства по рекультивации земель достигается при последовательном выполнении надлежащего надзора;

- меры по рекультивации техногенно нарушенных земель следует принять в период добычных работ и вслед за горными работами в карьере с целью сокращения значительных затрат на проведение рекультивационных работ;

- положительное влияние на окружающую степную обстановку оказывает лесохозяйственное направление рекультивации из-за увеличения влажности воздуха, снижения скорости ветра и защиты почвы от эрозии;

- различные рекреационные объекты, сады, парки, аттракционы на берегу озер и восстановленных зон, рыбозаводные пруды, а также обустроенные в зоны отдыха существующие водоемы могут использоваться под пляжи, лыжные трассы и даже как музей горного дела;

- оптимизация карьерно-отвальных ландшафтов с учетом их внутренней структуры и внешних связей улучшает геоэкологическую ситуацию на карьерах при рекультивации нарушенных территорий;

- восстановление техногенных форм рельефа и загрязненных земель для целей градостроительства улучшает санитарно-гигиенические условия близкорасположенных районов, предотвращает необходимость отчуждения дополнительных земель, преобразования и уничтожения природных ландшафтов;

- функционирование зоны отдыха с созданием рекреационных зон одновременно с ведением вскрышных работ в виде организации пляжа, автостоянки, буфета и других объектов сокращают дополнительные затраты на рекультивацию нарушенных земель.

Обсуждение полученных результатов. Изучение опыта рекультивации техногенно нарушенных земель в процессе ведения открытых горных работ при разработке месторождений минерального сырья в различных горно-геологических и горнотехнических условиях позволили установить рациональные направления восстановления нарушенной территории в результате освоения запасов полезных ископаемых из недр. При освоении месторождений полезных ископаемых открытым способом использование рационального направления рекультивации на горных предприятиях способствует улучшению социально-экономических условий расположения горного предприятия с учетом перспективы развития района, требований охраны окружающей среды, санитарно-гигиенических условий района и своевременному вовлечению культивированных земель в хозяйственный оборот.

Статья подготовлена по проекту ГФ МОН РК 2018/АРО5131591.

ЛИТЕРАТУРА

Земельный кодекс Республики Казахстан. Закон Республики Казахстан. 04.05.2018. № 151-VI.

[1] О недрах и недропользовании. Кодекс Республики Казахстан. 27.12.2017. № 125-VI.

[2] Экологический кодекс Республики Казахстан. 24.05.2018. № 156-VI.

[3] Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия. Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 57446-2017.

[4] Гуменик И.Л., Панасенко А.И., Ложников А.В. Обоснование технологической схемы формирования поверхности отвалов, соответствующей требованиям сельскохозяйственной рекультивации. www.giab-online.ru/files/Data/2014/07/08_38-44_Gumenik.pdf.

[5] Ивакина Е.В., Осипов С.В. Естественное и искусственное лесовосстановление в горнопромышленных ландшафтах Дальнего Востока России // Сибирский лесной журнал. № 2, 2016. -С.6-21. sib-les.ru/upload/.../90f73903b63da53963b571b2fca17079.pdf.

- [6] Гарифулова А.В., Алванян А.К. Вопросы рекультивации месторождения строительного известняка. sbornikstf.pstu.ru/.../get_file.php?.../art/&...pdf...А.В.%20Гарифулова...К.%20Алва.
- [7] Валентиенко А.И. Рекультивация угольных разрезов в Кемеровской области и их дальнейшее использование в хозяйственной деятельности. <http://ucom.ru/doc/na.2016.04.04.051.pdf>.
- [8] Ковшов В.П., Якубовский М.М., Ковшов С.В. Водохозяйственная рекультивация песчаных карьеров Ленинградской области как комплексный способ решения экологических проблем региона. <https://cyberleninka.ru/.../vodohozyaystvennaya-rekultivatsiya-peschanyh-karierov-le>.
- [9] Калыбеков Т. Изучение использования нарушенных и рекультивированных земель на открытых разработках / Инженерное образование и наука в XXI веке: проблемы и перспективы: Труды Международного форума, посвященного 80-летию КазНТУ имени К.И. Сатпаева. Т.1, 2014.-364-370.
- [10] Горбань В.А., Малакей З.А. Роль физико-химических и физических исследований при лесной рекультивации в условиях степной зоны Украины. www.ussj.cv.ua/2013_t14_1-2/Gorban.pdf.
- [11] Голодная О.М., Костенков Н.М. Восстановление техногенных ландшафтов угольных разрезов Приморского края. Экологический риск / Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием. -Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН. 2017. -С.149-151.
- [12] Фурманова Т.Н., Петина М.А., Толстопяткова О.С. Современное состояние и перспективы развития рекультивационных работ на нарушенных горными разработками землях Белгородской области / Современная экология: образование, наука, практика. Материалы международной научно-практической конференции. Воронеж: Издательство «Научная книга», Том 2, 2017. -С.486-491.
- [13] Маргеева Д.В. Методические подходы к проектированию рекультивационных работ с использованием инструментов ландшафтного планирования // География и природные ресурсы. № 2, 2015. -С.183-187.
- [14] Кононенко А.Е., Русский А.В. Рекультивация нарушенных земель и строительство рекреационных зон. <https://cyberleninka.ru/.../rekultivatsiya-narushennyh-zemel-i-stroitelstvo-rekreatsionn>.

Қалыбеков Т., Рысбеков К.Б., Сәндібеков М.Н.

Жерлерді қайта қалпына келтіру ашық тау-кен жұмыстарымен

Резюме. Ашық әдіспен игерудегі техногенді бұзылған жерлерді рекультивациялаудың ұтымды бағытын таңдауды олардың тау-кен геологиялық және тау-кен техникалық жағдайларына, тау-кен жұмыстары өндірісінің технологиясына және кенорнының орналасу ауданына сәйкес зерделеудің маңыздылығы көрсетілген. Өртүрлі тау-кен кәсіпорындарында тау-кен жұмыстарын жүргізу кезеңінде жер қойнауын ашық әдіспен игерудегі бұзылған жерлерді қайта қалпына келтіру проблемасын шешудің келтірілген тәжірибелері игерілетін кенорындарында бұзылған аумақты рекультивациялау бағытын негіздеуде пайдаланылуы мүмкін.

Түйінді сөздер: бағыт, рекультивация, карьер, жерлердің бұзылуы, үйінді.

УДК 614. 843 (088.8)

A.A.Genbach, K.K. Shokolakov

STUDY AND CALCULATION OF THE HIGHLY EFFECTIVE CAPILLARY POROUS FOAM GENERATOR OF GAS (STEAM) MECHANICAL FOAM

Abstract. The experimental study and calculation of the highly accelerated capillary porous foam generator of gas (steam) mechanical foam applicable in fields of industrial and station heat and power. The purpose is to generate two-phase flows at Heat & Power Units. It could be used in firefighting equipment to put fires in devices, buildings and structures, also could be useful in different sectors of national economy for dust suppression.

To enhance efficiency and foam properties, foam generator is equipped with capillary appliance and forming duct, the first one is located on the outer surface of perforated pipe for injection of foam generating mixture, and the second one is located outside of capillary appliance with forming feeder. Additionally, foam generator contains the adjusting plates installed at both sides of feeder. Whereas, at both sides the plates are transferred into spring directing screen, and package of foam generating grids with enlarged sizes during a gas movement is produced with the following dimensions 0,4×0,55.

Such structure accelerates productivity and enhances process of foam generation 1,5 times, reduces material consumption and dimensions 2,5 times of the unit weight. Hydraulic resistance will be hundred times less, and gas dynamic resistance 2,7 times in comparison with prototype.

Key words. Foam generator, capillary porous structure, dust and gas collection, heat transfer, foam generation, foam forming.

А. А. Генбач¹, К. К. Шоколаков²

(¹Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Республика Казахстан,

²АО «Казахский институт нефти и газа», Алматы, Республика Казахстан,

e-mail: kudash@bk.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОГО ПЕНОГЕНЕРАТОРА ГАЗО(ПАРО)-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕНЫ

Аннотация. Приводится экспериментальное исследование и расчёт высокофорсированного капиллярно-пористого пеногенератора газо(паро)-механической пены применительно к области промышленной и станционной теплоэнергетики. Оно предназначено для генерации двухфазных потоков в теплоэнергетических установках; может использоваться в области противопожарной техники для тушения пожара в аппаратах, зданиях и сооружениях; может быть полезным в различных отраслях народного хозяйства – для пылеподавления. Для повышения производительности и улучшения характеристик пены, пеногенератор снабжён капиллярной вставкой и формирующим каналом, первая из которых расположена на наружной поверхности перфорированной трубы подвода пенообразующего раствора, а второй – установлен снаружи капиллярной вставки с образованием питателя. Пеногенератор дополнительно содержит регулирующие пластины, установленные по обе стороны питателя, причём с обеих сторон пластины переходят в пружинистый направляющий козырёк, а пакет пенообразующих сеток с увеличивающимися размерами по ходу движения газа выполнен с размерами 0,4×0,55. Такая структура в 1,5 раза форсирует производительность и интенсифицирует процесс генерации пены, уменьшает материалоемкость и габариты и в 2,5 раза массу установки. Гидравлическое сопротивление будет в сотни раз меньше, а газодинамическое – в 2,7 раза о сравнению с прототипом.

Ключевые слова. Пеногенератор, капиллярно-пористая структура, пылегазоулавливание, теплопередача, пеногенерация, пенообразование

Предложенный высокофорсированный капиллярно-пористый пеногенератор является новым классом, поскольку генерация газо(паро)-механической пены производится безфорсуночным способом. Используется капиллярно-пористая структура, которую требуется оптимизировать. Для этих целей целенаправленно производились исследования возможностей управления теплообменом путём интегральных характеристик [1-3], так и с помощью внутренних параметров кипения и пеногенерации [4-8]. Критериальное уравнение теплообмена обобщает экспериментальные данные по кипению чистых жидкостей и пенообразующих растворов [1, 2, 4]. На основе исследования процессов гидродинамики и теплопередачи в капиллярно-пористых материалах разработаны различные устройства для генерации пены и пылегазоулавливания [3, 5-13]. Все эти устройства безфорсуночные, содержат оптимизированные капиллярно-пористые структуры, способные турбулизировать и управлять основными параметрами пенного потока и эффективностью улавливания пылинок и ядовитых газовых компонентов.

Проведем экспериментальные исследования по интенсификации пеногенерации в капиллярно-пористых структурах нового пеногенератора (рис. 1).

Как показали наши экспериментальные исследования в лабораторных условиях, пакет пенообразующих сеток, собранный из сеток с более крупными размерами ячеек просвет, по сравнению с прототипом (традиционным классом пеногенераторов) позволяет проводить процессы генерации с большей производительностью за счёт более высокой устойчивости плёнок пенообразующего раствора и большой форсировки процесса (табл. 1).

Таблица 1. Форсировка процесса генерации в гидродинамическом пограничном двухфазном слое пакета сеток.

Тепловая нагрузка, $\times 10^4$, Вт/м ²	10	20	40	60	70	80
Перегрев стенки, К:						
Пакет сеток 0,08×0,14×1 (прототип)	21	35	46	57	Пережог стенки	
Пакет сеток 0,4×0,55 (настоящее исследование)	30	42	57	60	63	65

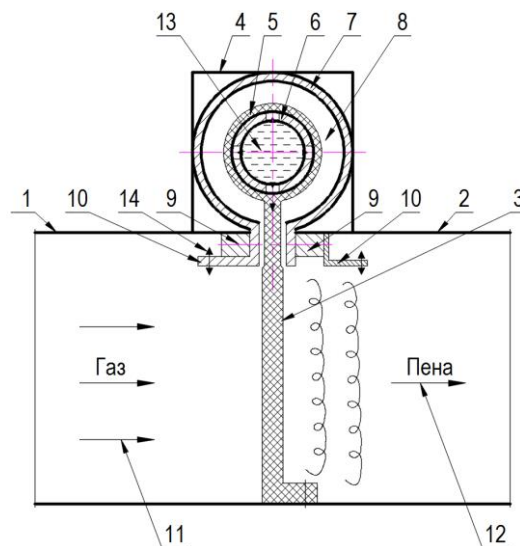


Рис. 1. Высокофорсированный безфорсуночный капиллярно-пористый пеногенератор газо(паро)-механической пены: 1,2 – входной и выходной патрубки, 3 – пакет пеногенерирующих сеток (оптимизированная капиллярно-пористая структура вида $0,4 \times 0,55$); 4 – корпус распылителя; 5 – капиллярная вставка; 6 – перфорированная труба; 7 – формирующий канал; 8 – питатель; 9 – пластины; 10 – пружинистый направляющий козырёк; 11 – поток газа (пара); 12 – пенный поток; 13 – пенообразующий раствор; 14 – звуковые волны.

В таблице 1 пакет сеток $0,4 \times 0,55$ означает, что он собран из двух слоев металлических сеток, установленных последовательно по ходу набегающего газового потока, с размером ячеек соответственно: $0,4 \times 10^{-3}$ м; $0,55 \times 10^{-3}$ м.

Преимущество сеток с более крупными ячейками в том, что в мелких сетках, как в прототипе ($0,08 \times 10^{-3}$ м) а. е. СССР 1498511, 1989, ухудшается процесс пенообразования, поскольку пузыри закупоривают их ячейки и наступает гидродинамический кризис, при котором прекращается приток свежих порций пенообразующей жидкости. Эту картину авторы изобретая наблюдали с помощью оптических методов исследования [1, 2, 4] (голографической интерферометрии и скоростной киносъемки). Пакет сеток $0,4 \times 0,55$ создаёт весьма устойчивый двухфазный многокомпонентный пульсирующий теплом гидродинамический пограничный слой, являющийся основой для генерации пены высокого качества.

Крупные ячейки, как в прототипе (1×10^{-3} м), приводят к резкому уменьшению величины капиллярного потенциала, плёнка жидкости становится неустойчивой и кризис пеногенерации наступает даже раньше, чем для сеток с мелкими ячейками $0,08 \times 10^{-3}$ м.

Таким образом, за счёт форсировки процесса пеногенерации в пакете сеток $0,4 \times 0,55$ в 1,5 раза (см. табл. 1) (увеличение производительности), происходит интенсификация процесса, и пакет сеток является турбулизатором, что позволяет примерно в 1,5 раза уменьшить материалоёмкость и габориты и в 2,5 раза массу установки.

В действительности, интенсификация процессов генерации пены будет значительно выше за счёт того, что пружинистый направляющий козырёк, воздействуя на регулирующие пластины, установленные по обе стороны питателя, будет способствовать более активному и устойчивому снабжению пеногенерирующего пакета сеток раствором жидкости. Произойдёт суммирующее действие гравитационного, капиллярного, инерционного и вибрационного потенциалов. За счёт только вибрационных движений поверхности, выполненной в виде вертикальных цилиндров, интенсификация процессов может увеличиться минимум как в два раза, а в некоторых случаях – до десяти раз [14, с. 321, 323, 326].

Особо отметим, что интенсификация процессов гидродинамики достигает до 10 раз для колебаний как с низкой частотой (высокой амплитудой), так и с высокой частотой (низкой амплитудой) [6].

Определим гидравлическое сопротивление пакета сеток

Гидравлическое сопротивление

$$\Delta p = \mu_{\text{ж}} m_{\text{ж}} h / S_{\text{ж}} \Gamma_e k_y,$$

где $\mu_{\text{ж}}$ – динамическая вязкость жидкости,

$$\mu_{\text{ж}} = 282 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

$m_{\text{ж}}$ – расход жидкости; примем на 1 м^2 пакета сеток величину $m_{\text{ж}} = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с}$.

Живое сечение пакета сеток

$$\Gamma_e = \varepsilon \cdot \Gamma_c = \varepsilon \cdot \delta_p L = 0,7 \cdot 1,02 \cdot 10^{-3} \cdot 1 = 0,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

где ε – пористость сеток, $\varepsilon=0,7$;

δ_p – толщина пакета. Для сеток из нержавеющей стали 12×18Н9Т (4 м ТУ – 4-7-66) толщина пакета 0,4×0,55 равна:

$$(0,5+0,52) \cdot 10^{-3} = 1,02 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

K_y – условный коэффициент проницаемости, определён нами экспериментально [1, 2]:

$$K_y = 5,5 \cdot 10^{-7} \left(\frac{b_r}{d}\right)^{-1,29},$$

где b_r – гидравлический диаметр,

$$b_r = \frac{0,4+0,55}{2} \cdot 10^{-3} = 0,475 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

d – средний диаметр проволоки сеток

$$d = \frac{0,25+0,2}{2} \cdot 10^{-3} = 0,225 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Тогда $K_y = 5,5 \cdot 10^{-7} \left(\frac{0,475}{0,225}\right)^{-1,29} = 2,1 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2$.

Гидравлическое сопротивление

$$\Delta p = \frac{282 \cdot 10^{-6} \cdot 2,4 \cdot 10^{-3} \cdot 1}{958 \cdot 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot 2,1 \cdot 10^{-7}} = 4,8 \text{ Па},$$

где $\rho_{ж}$ – плотность жидкости, $\rho_{ж} = 958 \text{ кг/м}^3$.

При максимальной производительности (форсировке) (см. табл. 1)

$$\Delta p = 4,8 \frac{8 \cdot 10^5}{0,5 \cdot 10^4} = 768 \text{ Па},$$

что в сотни раз меньше гидравлического сопротивления форсуночных пеногенераторов, в которых пенообразующий раствор подводится к форсункам под давлением в несколько бар ($2 \div 5$ бара или $(2 \div 5) \cdot 10^5 \text{ Па}$), и примерно такое же, как и в прототипе, поскольку отношение (b_r/d) мало изменится.

Определим газодинамическое сопротивление пакета сеток. Гидродинамическое сопротивление пакета 0,4×0,55 равно

$$\Delta p = \sum_1^2 \varepsilon_{ke} \frac{\rho w_{bx}^2}{2},$$

где ρ – плотность газа, $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$;

W – скорость газа на входе в пакет, $w_{bx} = 3 \text{ м/с}$;

$\sum_1^2 \varepsilon_{ke}$ – суммарный коэффициент гидродинамического сопротивления. Определяем по диаграмме 8-6 [15].

Критерий Рейнольдса

$$Re = \frac{w_o d}{\vartheta} = \frac{3 \cdot 0,225 \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 10^{-6}} = 62,9,$$

где w_o – скорость газа в ячейных сеток, $w_o = w_b/\varepsilon$;

ε – пористость сеток, $\varepsilon = 0,7$; ϑ – коэффициент кинематической вязкости газа, $\vartheta = 15_x \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;

d – средний диаметр проволок сеток, $d = 0,225 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Поскольку критерий $Re > 50$, то

$$\varepsilon_{Re} = k_{Re} \cdot \varepsilon_{np} = 1,3 \cdot 1 = 1,3.$$

Суммарный коэффициент сопротивления

$$\sum_1^2 \varepsilon_{Re} \approx 2 \cdot \varepsilon_{Re} = 2 \cdot 1,3 = 2,6.$$

Относительно получим

$$\Delta p = 2,6 \frac{1,2 \cdot 3^2}{2} = 14,04 \text{ Па}.$$

Сравнение с прототипом:

$$Re = w_1 \bar{b} / \vartheta = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3}}{15 \cdot 10^{-6}} = 20, \text{ где } \bar{b} = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

$$\text{По диаграмме 8-6 [15] } \varepsilon = 7 \text{ и } \Delta p = 7 \frac{1,2 \cdot 3^2}{2} = 37,8,$$

Что в $37,8/14,04=2,7$ раза больше, чем в предлагаемом исследовании, что позволит экономить энергию на привод вентилятора.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Поляев В.М., Генбач А.А. Управление теплообменом в пористых структурах // Известия Российской академии наук. Энергетика и транспорт. - 1992. - Т.38, № 6. - С. 105-110.
- [2] Поляев В.М., Генбач А.А. Теплообмен в пористой системе, работающей при совместном действии капиллярных и гравитационных сил // Теплоэнергетика. - 1993. - № 7. - С. 55-58.
- [3] Генбач А.А., Кульбакина Н.В. Пылеподавление и пылеулавливание с помощью циркуляционного пеногенератора с пористой структурой // Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. - 2010. - № 4. - С. 62-65.
- [4] Поляев В.М., Генбач А.А. Управление внутренними характеристиками кипения в пористой системе // Криогенная техника и кондиционирование: Сборник трудов МГТУ. - 1991. - С. 224-237.
- [5] Поляев В.М., Генбач А.А. Применение пористой системы в энергетических установках // Промышленная теплоэнергетика. - 1992. - № 1. - С. 40-43.
- [6] Генбач А.А., Пионтовский М.С. Пористый пылегазоуловитель с управляемой геометрией микроканалов // Энергетика и топливные ресурсы Казахстана. - 2010. - №4. - С.59-61.
- [7] Поляев В.М., Генбач А.А., Минашкин Д.В. Процессы в пористом эллиптическом теплообменнике // Известия вузов. Машиностроение. - 1991. - №4-6. - С.73-77.
- [8] Генбач А.А., Генбач Н.А. Исследование пеногенератора с обогреваемой поверхностью // Вестник АИЭС. - Алматы. - 2009. - №4. - С.24-27.
- [9] Генбач А.А., Генбач Н.А. Исследование капиллярно-пористых систем в тепловых энергетических установках электростанций // Вестник АУЭС. - Алматы. - 2011. - №2(13). - С.57-62.
- [10] Генбач А.А., Генбач Н.А. Применение капиллярно-пористых систем в тепловых энергетических установках электростанций // Вестник АУЭС. - Алматы. - 2011. - №3(14). - С.4-11.
- [11] Polyayev V.M., Genbach A.N., Genbach A.A. Methods of Monitoring Energy Process//Experimental thermal and fluid science, International of Thermodynamics, Experimental Heat Transfer, and Fluid Mechanics, avenue of the Americas.-New York,1995, V.10, april, -pp. 273-286.
- [12] Генбач А.А., Шоколаков К. Пористый пенный пылеуловитель // Поиск. №2.-Алматы: МОН РК, 2011. - С. 266-271.
- [13] Поляев В.М., Генбач А.А. Плотность центров парообразования и выброс капель из пористой структуры // Известия вузов. Машиностроение. -1990, №9. -С.50-55.
- [14] Справочник по теплообменникам: в 2 т. Т. 1 // Пер. с англ. под ред. Б.С. Петухова и В.К.Шикова. - М: Энергоатомиздат, 1987.
- [15] Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. - М.: Машиностроение, 1975. - 559 с.

Генбач А.А., Шоколаков К. К.

Газ(бу)-механикалық жоғарғы капиллярлы-кеуекті көбік генераторының зерттеуі және есебі

Түйіндеме. Өнеркәсіптік және станциялық жылуэнергетика саласына қолданылатын жоғары күшейтілген капиллярлы кеуекті көбік генераторлық газ (бу) -механикалық көбікті эксперименттік зерттеу және есептеу жүргізіледі. Ол жылу электр станцияларында екі фазалық орнатылымдарды генерациялауға арналған; өрт сөндіру жабдықтары саласында құрылғыларда, ғимараттарда және құрылыстарда өрт сөндіру үшін қолданылуы мүмкін; ұлттық шаруашылықтың түрлі салаларында - шаңды басу үшін пайдалы болуы мүмкін. Өнімділікті арттыру және көбік сипаттамаларын жақсарту үшін көбік генераторы көбік генераторы көбік ерітіндісінің перфорацияланған құбырының сыртқы бетінде орналасқан капиллярлы кірістіру және қалыптастырушы арнамен жабдықталған, екіншісі капсулярлық кірістіруден тыс фидердің қалыптасуымен орнатылады. Пенопластикалық генератор қосымшада фидердің екі жағына бекітілген реттелетін пластиналарды және пластинаның екі жағынан да серіппелі бағыттағышқа өткізеді және газ шығынын бойлай ұлғайған көбік торларының қалыңдығы $0,4 \times 0,55$ өлшемдерімен жасалады. Мұндай құрылым 1,5 есе өнімділікті арттырады және көбік шығару үрдісін күшейтеді, материалды тұтынуды және өлшемдерді және орнату массасының 2,5 есе азайтады. Гидравликалық қарсылық жүздеген есе аз болады, ал газотехникалық қарсылық прототипімен салыстырғанда 2,7 есе артық болады.

Түйін сөздер. Бугенератор, капиллярлы-кебеулі құрылым, шаң газды ұстау, жылу беру, бугенерация, көбікті қалыптастыру.

Genbach A.A., Shokolakov K.K.

Study and calculation of the highly effective capillary porous foam generator of gas (steam) mechanical foam

Summary. The experimental study and calculation of the highly accelerated capillary porous foam generator of gas (steam) mechanical foam applicable in fields of industrial and station heat and power. The purpose is to generate two-phase flows at Heat & Power Units. It could be used in firefighting equipment to put fires in devices, buildings and structures, also could be useful in different sectors of national economy for dust suppression.

To enhance efficiency and foam properties, foam generator is equipped with capillary appliance and forming duct, the first one is located on the outer surface of perforated pipe for injection of foam generating mixture, and the second one is located outside of capillary appliance with forming feeder. Additionally, foam generator contains the adjusting plates installed at both sides of feeder. Whereas, at both sides the plates are transferred into spring directing screen, and package of foam generating grids with enlarged sizes during a gas movement is produced with the following dimensions $0,4 \times 0,55$.

Such structure accelerates productivity and enhances process of foam generation 1,5 times, reduces material consumption and dimensions 2,5 times of the unit weight. Hydraulic resistance will be hundred times less, and gas dynamic resistance 2,7 times in comparison with prototype.

Key words. Foam generator, capillary porous structure, dust and gas collection, heat transfer, foam generation, foam forming.

УДК 53.096

Х.А. Абдуллин¹, Л.В. Гриценко², С.Е. Кумеков², Н.К. Саитова², Е.И. Теруков³

⁽¹⁾ Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

⁽²⁾Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

⁽³⁾Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе, Санкт-Петербург, Россия E-mail: skumekov@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА И ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА КИНЕТИКУ ЗАТУХАНИЯ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ZnO

Аннотация. Интенсивное изучение оксида цинка вызвано перспективным применением во многих областях науки и техники, таких как фотовольтаика, сенсорики, оптоэлектроника. Различные применения структур на основе оксида цинка связаны с их интересными люминесцентными свойствами. Оксид цинка обладает яркой фотолюминесценцией в ультрафиолетовой и видимой областях спектра при комнатной температуре, что может быть актуально для создания светодиодов и газовых сенсоров. Несмотря на многолетние исследования люминесцентных свойств оксида цинка, некоторые вопросы все еще остаются неясными, в частности, природа краевой полосы стационарной фотолюминесценции (NBE - near band edge emission) при комнатной температуре в образцах, синтезированных разными технологиями, и поведение кинетики затухания фотолюминесценции в образцах оксида цинка, подвергнутых высокотемпературному воздействию и плазменной обработке в атмосфере водорода. В настоящей работе проведено исследование влияния отжига и плазменной обработки в атмосфере водорода на кинетику затухания ультрафиолетовых спектров фотолюминесценции однородных пленок и массивов наностержней электронного оксида цинка. Обнаружена независимость влияния отжига и плазменной обработки на время затухания ультрафиолетовой люминесценции от морфологии образцов оксида цинка. Сделан вывод об определяющей роли морфологии образцов на электрические характеристики.

Ключевые слова: оксид цинка, фотолюминесценция, кинетика затухания, массив наностержней, равновесная концентрация носителей, отжиг, водородная плазма.

1. Введение

Интерес к изучению электрических, оптических свойств оксида цинка связан с возможными применениями этого материала в фотовольтаике, сенсорики, оптоэлектронике [1-5]. Наряду с практическими приложениями оксид цинка представляет значительный интерес как объект фундаментального исследования [6-14]. Например, в работе [15] изучена стационарная фотолюминесценция (ФЛ) пленок ZnO. Было показано влияние термического отжига и плазменной обработки на спектры ФЛ. В работе [16] была исследована люминесценция наностержней оксида цинка, диаметр которых составлял 150-500 нм и длиной 1-10 мкм. В этой работе наблюдалась краевая люминесценция, обусловленная рекомбинацией свободных экситонов при длине волны излучения $\lambda = 385$ нм.

Для более полного описания излучательных процессов в оксиде цинка представляет интерес изучение поведения нестационарной ФЛ. В настоящей работе приводятся результаты исследования зависимости времени затухания спектров ФЛ в образцах пленок оксида цинка, полученных методом осаждения металлоорганических соединений из газовой фазы (MOCVD) и массивов наностержней оксида цинка ZnO-NR (NR - nanorods), синтезированных гидротермальным методом (НТ). Исследованные образцы подвергались термическому отжигу и обработке в водородной плазме.

2. Методика эксперимента

Исследованные пленки оксида цинка были получены методом MOCVD. В процессе осаждения в качестве прекурсоров используются пары диэтил цинка ($(C_2H_5)_2Zn$) и деионизированной воды (H_2O). С целью получения слоев с высокой проводимостью в качестве легирующего элемента используется бор. Для этого в камеру добавляется двухпроцентная смесь диборана в водороде. Также в процессе используются водород (H_2) для поддержания равномерности распределения температуры в объеме и азот (N_2) для поддержания постоянного давления.

Образцы ZnO-NR были выращены на подложках из кремния либо стекла [15]. В качестве стеклянных подложек были использованы предметные микроскопические стекла с размерами 76×25 мм. Кремниевые прямоугольные подложки размерами около 60×20 мм вырезались из полированных пластин кремния КЭФ-5 диаметром 100 мм, с ориентацией (100). Тонкий затравочный слой оксида цинка на поверхности подложки формировался золь-гель методом. Золь приготавливался путём растворения 0.4 г ацетата цинка $Zn(CH_3COO)_2$ в 10 мл этилового спирта, затем несколько капель золя наносились на тщательно очищенные подложки, равномерное распределение золя по поверхности подложек достигалось методом центрифугирования (spin-coating method) при вращении со скоростью ~ 2000 об/мин в течение 3-5 мин. Последующий отжиг на воздухе при температуре $350-400^\circ C$ в течение 30 мин. приводил к формированию тонкого (около 30 нм) затравочного слоя для дальнейшего синтеза оксида цинка.

Раствор для гидротермального синтеза массивов наностержней ZnO-NR состоял из водного раствора 0.03М уротропина $C_6H_{12}N_4$ и 0.03М нитрата цинка $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$. Синтез проводился в стеклянном стакане, помещенном в водяную баню. Раствор во время синтеза перемешивался с помощью магнитной мешалки. Подложки располагались в стакане вертикально, вдоль стенок, и закреплялись термостойким скотчем. Рост ZnO-NR проводили в течение ~ 1 часа при $95^\circ C$. По окончании синтеза подложки вынимались из стакана, промывались водой в ультразвуковой ванне и разрезались на образцы. Электронно-микроскопические исследования (SEM) показали, что диаметр наностержней оксида цинка составлял в среднем 40 нм при средней длине 670 нм.

Водородная обработка (Н-обработка) образцов ZnO-NR проводилась в радиочастотной (27 МГц) плазме в кварцевом трубчатом реакторе с электродами емкостного типа. Обработка велась при давлении водорода ~ 60 Па и мощности ВЧ-генератора ~ 20 W. Специальный нагрев образцов не применялся. Типичное время Н-обработки составляло 4 минуты, при такой длительности морфология поверхности образцов, контролируемая методом SEM, не изменялась.

Отжиг образцов на воздухе проводился в муфельной печи (SNOL-8.2/1100), отжиг в вакууме проводился в кварцевой трубчатой печи при откачке форвакуумным насосом до давления 0.05 торр. Режимы отжига в обоих случаях были одинаковы - при температуре $450^\circ C$ в течение получаса

Для измерения временных характеристик короткоживущей люминесценции использовался импульсный спектрофлуориметр с регистрацией в режиме время-коррелированного счета одиночных фотонов (Becker&Hickl) на базе модуля SPC-150. Образцы возбуждались пикосекундным полупроводниковым лазером (BDL-375-SMC) с частотой повторения 50 МГц и длительностью импульса 50-90 пс, $\lambda_{ген} = 375$ нм. В качестве детектора использовался 16 канальный ФЭУ (PML-16-C) совместно с полихроматором Newport.

3. Измерение кинетики затухания флуоресценции

На рисунке 1 показано измерение кинетики затухания при комнатной температуре ультрафиолетовой (УФ) люминесценции массивов наностержней ZnO, синтезированных гидротермальным методом. УФ люминесценция оксида цинка является краевой и обусловлена межзонной рекомбинацией электронов и дырок. На рисунке представлены типичные результаты измерения кинетики на исходных образцах, а также в пленках после термического отжига и обработки в водородной плазме. Отжиг и обработка в водородной плазме приводили к изменению электрических характеристик исходных образцов. Концентрация электронов в исходном образце составляла $3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$, а после термического отжига и плазменной обработки концентрация электронов увеличивалась до $9 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$ [15]. Как видно из рисунка, характерное время затухания в исходных образцах меньше, чем в образцах после отжига и плазменной обработки. Необходимо также отметить, что интенсивность УФ люминесценции увеличивалась после термического отжига и обработки в водородной плазме в 10-100 раз по сравнению с интенсивностью в исходных образцах как в образцах ZnO-NR, так и пленках MOCVD- ZnO.

На рисунке 2 приведены результаты измерений кинетики затухания при комнатной температуре ультрафиолетовой (УФ) люминесценции пленок n -ZnO, полученных методом MOCVD. Исходная концентрация электронов в пленках составляла $7 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-3}$ [15]. После отжига и обработки в водородной плазме концентрация электронов уменьшалась до $3.3 \cdot 10^{18} \text{ см}^{-3}$. Как видно из рисунка, отжиг и плазменная обработка приводят к увеличению времени затухания люминесценции, чем в исходных образцах. Среднее время затухания ФЛ в исходном образце составляет $\tau = 0.38 \text{ нс}$, а в образце после отжига и обработки в водородной плазме увеличилось до $\tau = 0.932 \text{ нс}$.

4. Обсуждение результатов

Сравнение тенденций изменения кинетики затухания краевой люминесценции с максимумом при $\lambda = 385 \text{ нм}$ в образцах, синтезированных разными методами (MOCVD и HT), свидетельствует об одинаковом характере влияния отжига и плазменной обработки. Как показано в работе [16] люминесценция при $\lambda = 385 \text{ нм}$ обусловлена рекомбинацией свободных экситонов. При эффективных массах электрона $m_e = 0.19m_0$ и дырки $m_h = 1.44m_0$ и диэлектрической проницаемости 8.5 боровский радиус свободного экситона в ZnO составляет $a_B = 2.4 \text{ нм}$. Это значение боровского радиуса значительно меньше диаметра наностержней $d = 40 \text{ нм}$, так же как и в работе [16]. Отсюда можно сделать вывод об одинаковом механизме люминесценции в образцах, полученных разными методами. Если сравнивать электрические характеристики, а именно подвижность электронов и удельное сопротивление однородных пленок ZnO (MOCVD) и массивов наностержней (HT) [1], то видно, что термический отжиг по-разному влияет на однородные пленки ZnO и на массивы наностержней. В однородных пленках концентрация электронов и их подвижность уменьшаются, а в массивах наностержней концентрация электронов и их подвижность увеличиваются в результате отжига. Такое поведение люминесцентных и электрических свойств может быть связано с морфологией исследованных объектов.

Обработка в водородной плазме существенно влияет на поверхностные свойства образцов. Исследованные образцы состоят либо из наноразмерных стержней (массивы наностержней ZnO-NR), либо из поликристаллических MOCVD пленок ZnO с достаточно мелкими кристаллитами. В таких образцах поверхностные свойства играют важную, в отдельных случаях определяющую роль в формировании как электрических, так и люминесцентных свойств. Например, электрические свойства объема кристаллитов сильно меняются при наличии на поверхности адсорбированных кислородных специй, которые захватывают электроны из объема и создают на поверхности отрицательный заряд. Соответственно в образце создается приповерхностный изгиб энергетических зон и приповерхностную зону, обедненную электронами.

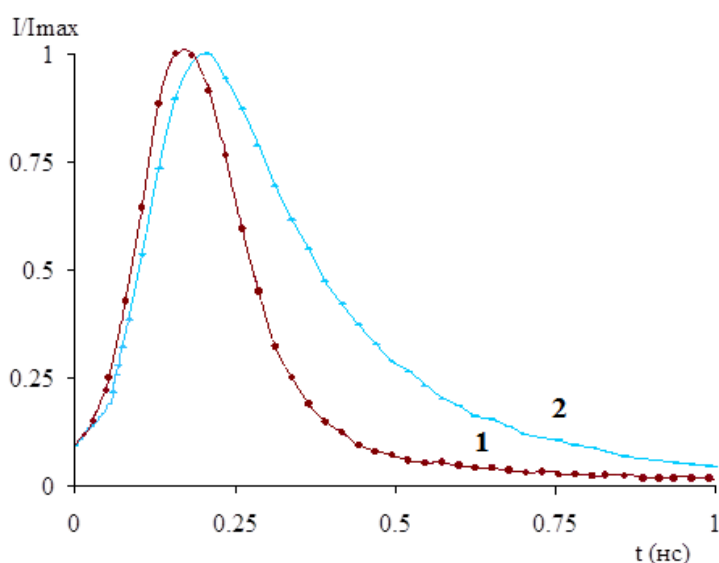


Рис.1. Кинетика УФ-люминесценции массивов наностержней ZnO, синтезированных гидротермальным методом. 1 — исходный образец, 2 — образец после отжига и обработки в водородной плазме.

Длина волны возбуждения — 375 нм

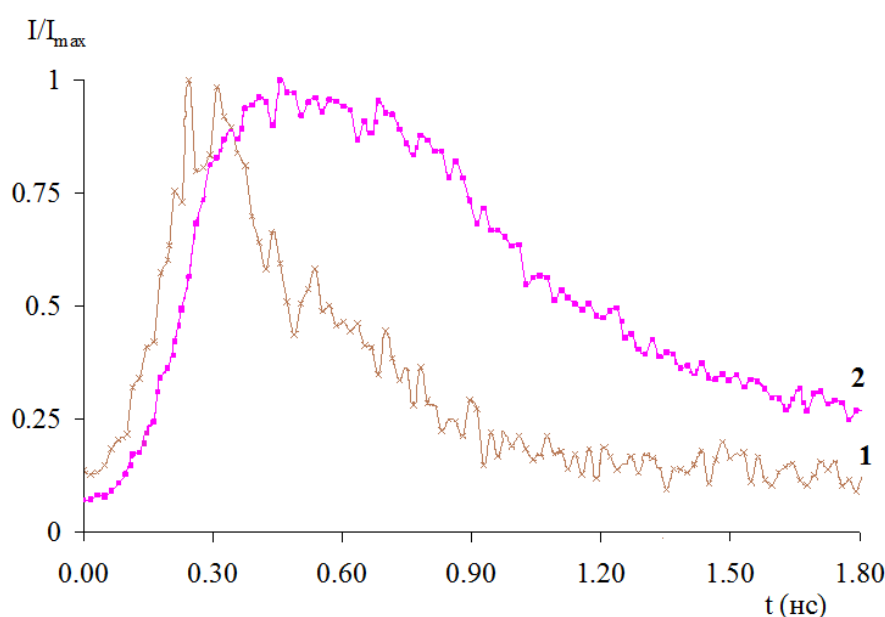


Рис. 2. Кинетика УФ-люминесценции пленок ZnO, полученных методом MOCVD. 1 – исходный образец, 2 – образец после отжига и обработки в водородной плазме. Длина волны возбуждения $\lambda = 375$ нм и длительностью импульса на полувысоте $\tau = 80$ пс.

Глубина обедненной зоны определяется характерной длиной $l_0 = \sqrt{\frac{2\varepsilon_0\varepsilon\varphi_s}{qN_D}}$ [17], отличающейся от длины Дебая, где ε_0 и ε – электрическая постоянная и относительная диэлектрическая проницаемость, φ_s – поверхностный потенциал, N_D – концентрация доноров.

При типичной концентрации носителей 10^{17} см^{-3} глубина обедненной зоны может достигать 50 нм, и наностержни с диаметром 50 нм либо поликристаллическая пленка с такими типичными размерами кристаллитов будут полностью обеднены носителями. Соответственно электрическое сопротивление таких образцов будет значительно выше, чем в объемных образцах. При более высокой концентрации носителей эффект будет слабее, но также достаточно сильным, чтобы изменять существенно электрические параметры образцов, состоящих из массива наностержней либо поликристаллических пленок.

Приповерхностный изгиб энергетических зон может оказывать решающее значение не только на электрические свойства образцов, но и на люминесценцию. Наличие приповерхностного изгиба энергетических зон означает существование электрического поля вблизи поверхности, то есть там, где при возбуждении фотолюминесценции генерируются неравновесные электроны и дырки. Это электрическое поле действует разнонаправленно на положительные дырки и отрицательные электроны, растягивает фотогенерированные пары носителей и препятствует их излучательной рекомбинации. Поэтому наличие на поверхности адсорбированных кислородных специй подавляет люминесценцию не только из-за возможного усиления поверхностной рекомбинации неравновесных носителей, но и за счет встроенного электрического поля у поверхности.

Наши результаты показывают, что термический отжиг и обработка в водородной плазме приводят к увеличению не только электрической проводимости, но и к росту интенсивности УФ люминесценции в 10-100 раз по сравнению с интенсивностью люминесценции в исходных образцах как в образцах ZnO-NR, так и пленках MOCVD- ZnO. При этом время затухания люминесценции растет (рис. 1 и 2). Эти результаты можно объяснить пассивацией при водородной обработке поверхностного заряда. Это приводит к уменьшению поверхностного искривления зон и электрического поля. В результате не только увеличивается объемная концентрация носителей и растет проводимость, но и увеличивается интенсивность фотолюминесценции. Вклад поверхностной рекомбинации падает, и растет время жизни неравновесных носителей и время спада фотолюминесценции.

Выводы: исследовано влияние термического отжига и обработки в водородной плазме на время затухания фотолюминесценции в образцах ZnO, полученных методом МОСVD и гидротермальным методом. Обнаружено существенное возрастание времени затухания фотолюминесценции после обработок, что наблюдалось одновременно с ростом интенсивности фотолюминесценции и ростом электрической проводимости образцов. Сделан вывод о доминирующей роли пассивации поверхностного заряда во время технологических обработок.

Работа частично выполнена при поддержке грантов Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан №AP05132875 и №AP 05130243.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Chengxiang Wang, Longwei Yin, Luyuan Zhang, Dong Xiang and Rui Gao. Metal oxide gas sensors: Sensitivity and influencing factors.// *Sensors*. - 2010. - Vol.10. - №3- pp. 2088-2106.
- [2] P.T. Moseley. Progress in the development of semiconducting metal oxide gas sensors: a review.// *Meas. Sci. Technol.* - 2017. - Vol. 28 - №8 - pp. 082001.
- [3] Jun Zhang, Xianghong Liu, G. Neri, N. Pinna. Nanostructured Materials for Room-Temperature Gas Sensors. // *Adv. Mater.* - 2016. - Vol. 28. - №5. - pp. 795-831.
- [4] Li-Ko Yeh, Jie-Chun Luo, Min-Chun Chen, Chih-Hung Wu, Jian-Zhang Chen, I-Chun Cheng, Cheng-Che Hsu, Wei-Cheng Tian. A Photoactivated Gas Detector for Toluene Sensing at Room Temperature Based on New Coral-Like ZnO.// *Nanostructure Arrays. Sensors* - 2016. - Vol.16 - №11. - pp. 1820.
- [5] Hongyan Zhang, Min Zhang, Cunchong Lin, Jun Zhang. AuNPs Hybrid Black ZnO Nanorods Made by a Sol-Gel Method for Highly Sensitive Humidity Sensing.// *Sensors*. - 2018. - Vol.18. - №1. - pp. 218.
- [6] M. Cho, I. Park. Recent Trends of Light-enhanced Metal Oxide Gas Sensors: Review. // *Journal of Sensor Science and Technology*. - 2016. Vol. 25. - №2. - pp.103-109.
- [7] P. Rauwel, M. Salumaa, A. Aasna, A. Galeckas, E. Rauwel. A Review of the Synthesis and Photoluminescence Properties of Hybrid ZnO and Carbon Nanomaterials. // *Journal of Nanomaterials*. - 2016. - Article ID 5320625, pp. 12.
- [8] Manoranjan Ghosh, R. S. Ningthoujam, R. K. Vatsa, D. Das, V. Nataraju, S. C. Gadkari, S. K. Gupta, D. Bahadur. Role of ambient air on photoluminescence and electrical conductivity of assembly of ZnO Nanoparticles. // *J. Appl. Phys.* - 2011. **110**, 054309.
- [9] P. A. Rodnyi and I. V. Khodyuk. Optical and luminescence properties of zinc oxide. // *Optics and Spectroscopy*. - 2011. - Vol. - 111. - № 5. - pp. 776-785.
- [10] M. Matsubara, M. N. Amini, R. Saniz, D. Lamoén, B. Partoens. Attracting shallow donors: Hydrogen passivation in (Al,Ga,In)-doped ZnO. // *Phys. Rev. B* - 2012. - Vol. 86. - pp. 165207.
- [11] Da-Ren Hang, Sk Emdadul Islam, Krishna Hari Sharma, Shiao-Wei Kuo, Cheng-Zu Zhang, Jun-Jie Wang. Annealing effects on the optical and morphological properties of ZnO nanorods on AZO substrate by using aqueous solution method at low temperature. // *Nanoscale Research Letters*. - 2014. - Vol. 9. - №1. - pp. 632.
- [12] Min Young Cho, Min Su Kim, Hyun Young Choi, Kwang Gug Yim, Jae-Young Leem. Post-Annealing Effects on Properties of ZnO Nanorods Grown on Au Seed Layers. // *Bull. Korean Chem. Soc.* - 2011. - Vol. 32. - №3. - pp. 880-884.
- [13] Z. N. Urgessa, J. R. Botha, M. O. Eriksson, C. M. Mbulanga, S. R. Dobson, S. R. Tankio Djiokap, K. F. Karlsson, V. Khranovskyy, R. Yakimova, Per-Olof Holtz. J. Low temperature near band edge recombination dynamics in ZnO nanorods. // *Appl. Phys.* - 2014. - Vol. 116. - pp. 123506.
- [14] P. F. Cai, J. B. You, X. W. Zhang, J. J. Dong, X. L. Yang, Z. G. Yin, N. F. Chen. Enhancement of field emission of the ZnO film by the reduced work function and the increased conductivity via hydrogen plasma treatment. // *J. Appl. Phys.* - 2009. - Vol. 94. - pp. 083713.
- [15] Х.А. Абдуллин, М.Т. Габдуллин, Л.В. Гриценко, Д.В. Исмаилов, Ж.К. Калкозова, С.Е. Кумеков, Ж.О. Мукаш, А.Ю. Сазонов, Е.И. Териуков. Электрические, оптические и фотолюминесцентные свойства пленок ZnO при термическом отжиге и обработке в водородной плазме.// *Физика и техника полупроводников*. - 2016. - Т.50. - №8. - С. 1030-1035.
- [16] Г.А. Емельченко, А.Н. Грузинцев, А.Б. Кулаков, Э.Н. Самаров, И.А. Карпов, А.Н. Редькин, Е.Е. Якимов, С. Barthou. Люминесценция наностержней оксида цинка. // *Физика и техника полупроводников*. - 2007. - Т.41. - №2. - С. 182-185.
- [17] Степаненко И.П. Основы теории транзисторов и транзисторных схем. 1977, М., Энергия, 608 с.

Абдуллин Х.А., Гриценко Л.В., Кумекон С.Е., Саитова Н.К., Теруков Е.И.

Термиялық және плазмалық өндеудің ZnO фотолюминесценциясының өшу кинетикасына әсері

Түйіндемесі: MOCVD және гидротермальды әдістерімен алынған ZnO үлгілерін термиялық және сутегі плазмасында өндеудің олардағы фотолюминесценцияның сөну уақытына әсері зерттелді. Зерттеулер өндеуден кейін фотолюминесценцияның сөну уақытының айтарлықтай өсуін көрсетті. Сонымен қатар фотолюминесценция интенсивтілігі мен үлгілердің электр өткізгіштігі де өсті. Технологиялық өңделулер кезінде беттік заряд пассивациясының рөлінің басым болатындығы туралы қорытынды жасалды.

Түйінді сөздер: цинк оксиді, фотолюминесценция, өшу кинетикасы, нанобіліктер массивтері, тасымалдаушылардың тепе-тең концентрациясы, термиялық өндеу, сутегі плазмасы.

Abdullin Kh. A., Gritsenko, L. V., S. E. Kumekov, Saitova N. To., Terukov E. I.

Influence of annealing and plasma treatment on kinetic of decay of photoluminescence ZnO

Summary: The effect of thermal annealing and treatment in hydrogen plasma on the decay time of photoluminescence in ZnO samples obtained by the MOCVD method and the hydrothermal method was studied. A significant increase in of the decay time of photoluminescence after the treatments was observed, which was observed simultaneously with an increase of the intensity of the photoluminescence and of the electrical conductivity of the samples. A conclusion is drawn on the dominant role of passivation of the surface charge during technological treatments.

Key words: zinc oxide, photoluminescence, attenuation kinetics, array of nanorods, equilibrium carrier concentration, annealing, hydrogen plasma.

УДК 621.38

¹Y. Amirgaliyev, ¹M. Kunelbayev, ²B. Amirgaliyev, ¹A. Kozbakova, ^{1,2}A. Irzhanova,

(¹Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Kazakhstan

²International Information Technology University, Kazakhstan

e-mail: amir_ed@mail.ru, murat7508@yandex.kz)

DEFINITION OF THE HEAT LOSS AND HEAT TEMPERATURE COEFFICIENT IN A FLAT SOLAR COLLECTOR

Abstract. In this paper we consider the determination of heat loss and coolant temperature in a flat solar collector. Using the heat recovery coefficient from the collector, the useful energy was determined. We determined the optimal length of a flat solar collector pipe by combining the solar collector flow coefficient and the interconnection relationship of pipelines and the efficiency of connecting the connector and the pipe with one graph, and using the energy distribution equation, the heat transfer temperature of the pipe and the average temperature of the coolant in the pipe were calculated. Calculate the cost of the coolant and the average velocity of the heat carrier in the heat transfer pipeline.

Keywords: Flat solar collector, heat losses, heat loss coefficient, coolant temperature

¹Е.Н. Амиргалиев, ¹М. Кунелбаев, ²Б.Е.Амиргалиев, ¹А.Х. Козбакова, ^{1,2}А.А. Иржанова
(¹Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Казахстан, Алматы

²Международный университет информационных технологий, Казахстан

e-mail: amir_ed@mail.ru, murat7508@yandex.kz)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПТЕРЬ И ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В ПЛОСКОМ ГЕЛИОКОЛЛЕКТОРЕ

Аннотация. В настоящей работе рассматривается определение коэффициента теплотерь и температуры теплоносителя в плоском гелиоколлекторе. С помощью коэффициента рекуперации тепла из коллектора определили полезную энергию. Определили оптимальную длину трубы плоского гелиоколлектора объединив коэффициент расхода гелиоколлектора и зависимость межсоединения трубопроводов и эффективность соединения соединителя и трубы с одним графиком, а так же с помощью уравнения распределения энергии рассчитали температуру теплопередачи трубы и средней температуры теплоносителя в трубе. Рассчитали стоимость теплоносителя и среднюю скорость теплоносителя на трубопроводе теплопередачи.

Ключевые слова: Плоский солнечный коллектор, тепловые потери, коэффициент теплотерь, температура теплоносителя.

Введение. Солнечная энергия и возобновляемые источники энергии для выработки тепловой и электрической энергии без вреда воздействуют на окружающую среду [1,2]. Плоская пластина солнечного коллектора является основным компонентом систем солнечного отопления и теплоснабжения. Уравнение энергии не учитывается для анализа эффективности солнечных коллекторов, так что это не является достаточным критерием эффективности солнечного коллектора [3]. Необходимо оптимизировать конструкцию солнечной системы и работы. В работах [4-6] были рассмотрены эффективность и энтропия солнечных коллекторов. Бежан и др. обнаружили, что системы солнечного коллектора зависят от необратимости теплопередачи [7].

По сравнению с плоской пластиной у трубчатых коллекторов откачали воздух с точки зрения эксергии [8]. Рассчитали энергию и провели анализы плоской пластины солнечного коллектора [9]. Температура жидкости в плоской пластине солнечного коллектора равна температуре окружающей среды [10]. Определили оптимальную скорость потока и рассчитали максимальную эффективность плоской пластины коллектора [11]. Экспериментально обнаружили, что эффективность солнечных коллекторов зависит от солнечного излучения, геометрии поверхности коллекторов, по сравнению с плоской пластиной солнечного нагревателя [12]. Экспериментально сравнили три гелиоустановки, где нагреватель с двойными крышками из стекла и плавников являются более эффективным, чем два других [13]. Преобразование солнечной энергии в электрическую энергию получает все больше и больше внимания в последние годы. Солнечный свет является крупнейшим в мире источником энергии, и сумма, которая может быть легко доступна при использовании существующих технологий значительно превышает потребление первичной энергии в мире.

Истинная причина и величина отходов и потерь, которые представлены в данной статье хорошо подходят для дальнейшего исследования более эффективного использования солнечной энергии, будут определены методом анализа эксергии (анализ доступности) [14]. Для повышения эффективности и термодинамической оптимизации эффективных систем солнечной энергии информация может быть использована в [15]. Когда солнечный коллектор используется для преобразования энергии, он является эксергетической возможностью, а не способом сбора энергии, для выполнения требуемой функции [16]. С помощью анализа эксергии можно рассчитать эксергетическое содержание падающей солнечной радиации и эффективности использования солнечной энергии всей системы [17]. Эксергия представляет собой максимальное количество работы расчета эффективности и солнечной радиации [18]. В течение более 20 лет, было опубликовано много работ, в том числе различные подходы к этому расчету. Среди первых это Petela который рассчитал максимальный коэффициент эффективности для определения эксергии теплового излучения при температуре T [14]. В настоящее время доступно для обсуждения радиационных формул эксергии, предложенных несколькими исследователями [17, 19].

В этих исследованиях, производительность коллектора оценивали без учета неравномерности распределение температуры абсорбера и коэффициента потерь тепла. В настоящей работе представлена теоретическая модель, определение тепловых потерь плоских гелиоколлекторов в окружающую среду.

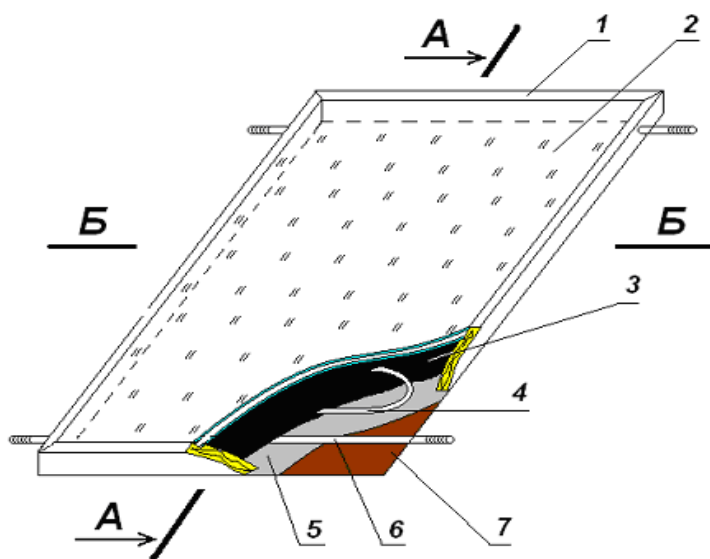
Методы. Гелиоколлектор - основной теплогенерирующий узел гелиоустановки, от энергетических и эксплуатационных показателей, которого прямо зависят соответствующие параметры гелиоустановки. Поэтому основная масса, зарегистрированных в мире изобретений и патентов, сосредоточено в основном в области создания новых конструкции и технологий для гелиоколлекторов.

Для достижения поставленной цели нами разработаны принципиально новые солнечные коллекторы, на базе которых будет создаваться типоразмерный ряд ГУ для нагрева воды.

Предложены два варианта гелиоколлекторов:

1. Плоский коллектор с битумным абсорбером;
2. Трубчатый гелиоколлектор с полуцилиндрическим отражателем.

Классическим примером такого гелиоколлектора является плоский коллектор с битумным абсорбером (рисунок 1).



Фиг. 1

Рис. 1. Модель солнечного гелиоколлектора



Рис. 2. Натурная модель солнечного гелиоколлектора

Для достижения поставленной цели предлагается реализовать новый подход к конструированию гелиоколлекторов с использованием современных материалов, за счет чего добиться существенного снижения (2-3 раза) стоимости гелиоустановки. Сущность и новизна предлагаемого метода состоит в том, что в отличие от известного принципа конструирования, коллектор содержит прозрачный стеклопакет 2 с двойным стеклом и с уменьшенным давлением, а так же периметрическую раму 1. Днище деревянной рамы 7 сделано из фанеры толщиной 8 мм. и к ним приклеена теплоизолирующая пленка 5 с фольгой. В зазоре образующиеся между стеклопакетом и днищем рамы проложена гибкая тонкостенная нержавеющая гофрированная трубка 4 $\square$ 16 мм. в виде змеевика. Концы трубки прикреплены к входным и выходным торчащим трубам 6. Остальное пространство полностью залито битумом 3 с маркой толщиной 30 мм.

Таблица 1. Техническая характеристика плоского гелиоколлектора

Число слоев прозрачной изоляций	2
Площадь одного коллектора, м ²	до 2
Средняя температура нагрева воды, °С	60-80
Пропускная способность относительно солнечного излучения при падении солнечных лучей по нормали к поверхности	0,89
Удельный объем для теплоносителя, л/м ²	2,0
Поглощающая способность относительно солнечного излучения	0,99
Рабочее давление, МПа	0,7
Габаритные размеры, м	1x2
Произведение коэффициента оптического КПД и коэффициента эффективности поглощающей панели	0,8
Произведение общего коэффициента тепловых потерь коллектора и коэффициента эффективности поглощающей панели	0,75
Отношение площади тепловоспринимающей поверхности к габаритной площади	0,95
Масса коллектора, кг	60
Срок службы, лет	15

Определение коэффициента теплотерь в плоском гелиоколлекторе.

Коэффициент рекуперации тепла из коллектора F_R определяется полезной энергией, полученной из полезной энергии, при которой температура всей массы битума равна температуре передающего агента.

$$F_R = \frac{GC_{\text{ПАН}}(T_{\text{БК}} - T_{\text{БК}})}{SU_L(T_{\text{БК}} - T)} \quad (1)$$

где: G - тепловой поток в единичной области коллектора:
или:

$$F_R = \frac{GC_{\text{ПАН}}}{U_L} \left[1 - \frac{SU_L - (T_{\text{БК}} - T_{\text{К.О}})}{SU_L - S(T_{\text{БК}} - T)} \right] = \frac{GC_{\text{ПАН}}}{U_L} (1 - e^{-U_L F^1 GC_P}) \quad (2)$$

Чтобы привести это уравнение к графику (рис.1), введем коэффициент гелиоколлекторного потока (таблица 2):

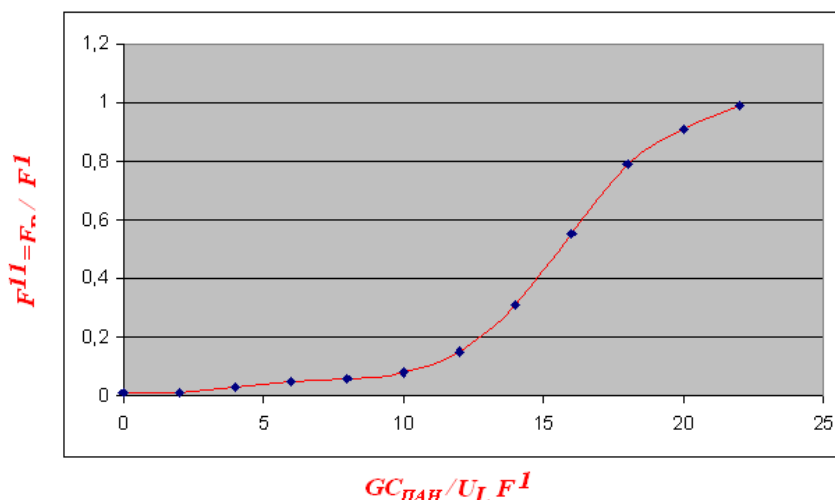


Рис. 3. График зависимости коэффициента расхода от потока и интервала потока гелиоколлектора

Таблица 2. Коэффициент теплотеръ плоского гелиоколлектора

$\frac{GC_{\text{пан}}}{U_L F^1}$	$F^{11} = \frac{F_R}{F^1}$	$\frac{GC_{\text{пан}}}{U_L F^1}$	$F^{11} = \frac{F_R}{F^1}$
2	0,97	12	0,66
4	0,96	14	0,54
6	0,87	16	0,51
8	0,8	18	0,38
10	0,74	20	0,33

Так же можно найти оптимальную длину трубы плоского гелиоколлектора (рис.4), объединив коэффициент расхода гелиоколлектора и зависимость межсоединения трубопроводов и эффективность соединения соединителя и трубы с одним графиком.

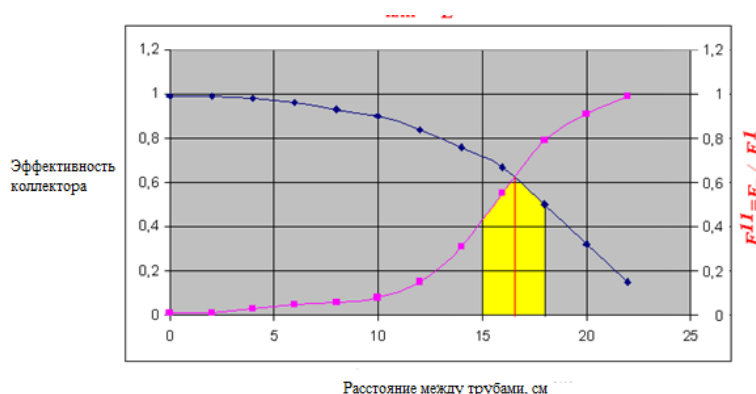


Рис. 4. Эффективность соединения соединителя и трубы с одним графиком

Определение температуры теплоносителя. Тепло, выделяемое гелиоколлектором, переносится на теплоноситель в трубопроводе теплопередачи. При техническом расчете эффективности и эффективности существующих накопителей в настоящее время нельзя игнорировать температурный градиент по периметру трубы, транспортируемой теплоносителем.

Рассмотрим движение теплоносителя внутри трубы t_1 и t_2 ($t_1 \neq t_2$) стенок панелей (абсорбера) стен гелиоколлектора, поглощенных на рис.5.

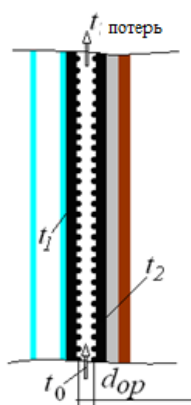


Рис.5. Сечение сливной трубы

Рассмотрим ширину рассматриваемой стены (средний диаметр трубы) δ , высоту h . Температура входного трубопровода температуры t_0 . Если мы рассмотрим радиальное направление движущегося транспортного агента, удаляющегося от трубопровода, как близко к нулю, то уравнение распределения энергии для рассматриваемой трубки будет следующим.

$$u \frac{dt}{dx} = a \frac{d^2 t}{dy^2} \quad (3)$$

(3) граничные условия для решения задачи:

$x > 0$	$y = 0$	$t = t_1$
$x > 0$	$y = \delta$	$t = t_2$
	$x \leq 0$	$t = t_0$

(4)

(3) уравнение (4) в общем виде при задании пределов:

$$T(x, y) = t_1 + \frac{y}{\delta} (t_2 - t_1) + \frac{4}{\pi} \left[t_0 - \frac{y}{\delta} (t_2 - t_1) \right] \cdot \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1} \exp \left[- \left(\frac{2n-1}{2} \right)^2 \frac{4ax\pi^2}{U_{cp} \delta^2} \right]}{2n-1} \cdot \sin(2n-1)\pi \frac{y}{\delta} \quad (5)$$

где:

a - температурный коэффициент;

U_{cp} - средняя скорость теплоносителя на трубопроводе теплопередачи.

Температура теплопередачи трубы определяется температурой транспортного агента (t) и средней температурой теплоносителя в трубе:

$$t_{nom} = \frac{1}{\delta} \int_0^{\delta} t(h, y) dy \approx \frac{t_1 + t_2}{2} + \frac{8}{\pi} \cdot \left(t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2} \right) \cdot \exp \cdot \left(- \frac{\pi^2 ah}{U_{cp} \delta^2} \right), \quad (6)$$

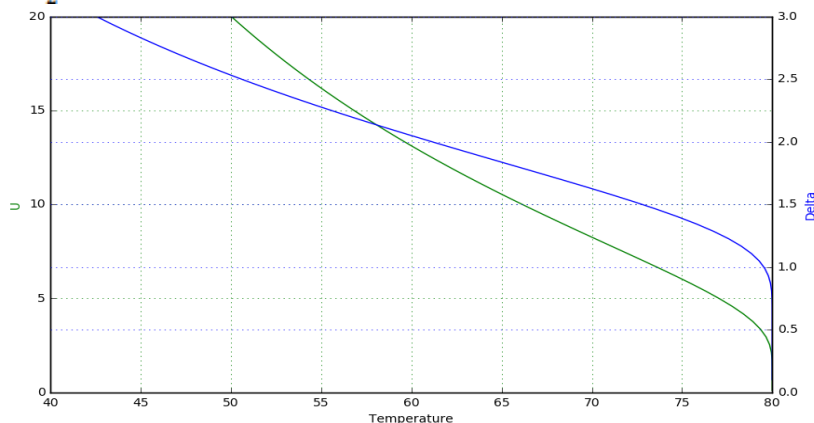
$$\bar{t}_f \approx \frac{t_1 + t_2}{2} + \frac{8}{\pi^4} \frac{U_{cp} \delta^2}{ah} \cdot \left(t_0 - \frac{t_1 + t_2}{2} \right) \cdot \left[0.99 - \exp \cdot \left(- \frac{\pi^2 ah}{U_{cp} \delta^2} \right) \right] \quad (7)$$

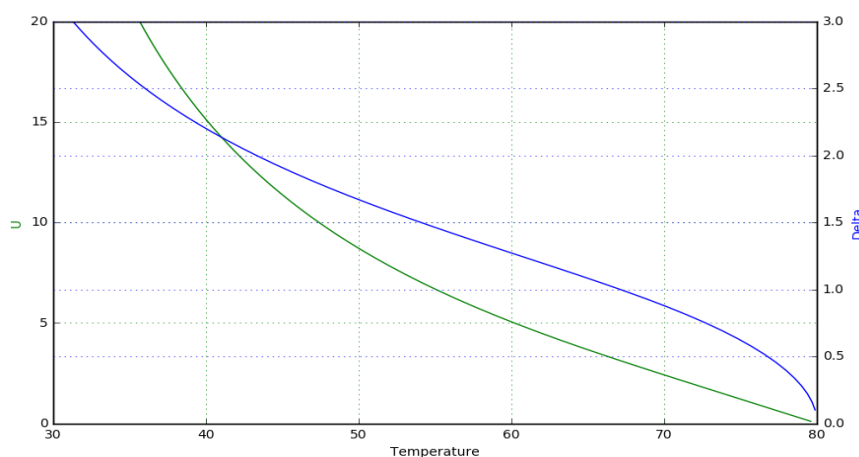
При определении температуры теплоносителя в теплопередающей трубе можно получить половину температуры стенки при разных температурах.

$$t_{nom} = t - \frac{8}{\pi^2} \cdot (t - t_0) \cdot \exp \cdot \left(- \frac{\pi^2 ah}{U_{cp} \delta^2} \right) \quad (8)$$

$$\bar{t}_f = t - \frac{8}{\pi^4} \frac{U_{cp} \delta^2}{ah} \cdot (t - t_0) \cdot \left[0.99 - \exp \cdot \left(- \frac{\pi^2 ah}{U_{cp} \delta^2} \right) \right] \quad (9)$$

здесь: $t = \frac{(t_1 + t_2)}{2}$





Стоимость теплоносителя составляет 55 кг / час. Средняя скорость теплоносителя на трубопроводе теплопередачи:

$$U_{op} = 3600 \cdot \frac{4G}{\pi d^2} = 0,0017943; \text{ м/с } \quad (10)$$

Закключение

Определив температуру теплоносителя в плоском коллекторе теплоносителя (поглотителя) на основе уравнений распределения энергии (8) и (9). Тепловой провод выполнен из тонкостенной нержавеющей стали шириной 1 м и высотой 2 м, средний диаметр 0,015 м. Поверхность теплопередающего трубопровода нагревается под воздействием битума, который подвергается воздействию солнечного света. Нижняя боковая температура на 3-5°C ниже поверхности.

Работа выполнена при поддержке гранта МОН РК BR05236693, выполняемой в Институте информационных и Вычислительных Технологий КН МОН РК, по контракту №318 от 30.03.2018.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Zhai, R.R., Zhu, Y., Yang Y.P., Tan, K.Y., Eric, H. Exergetic and Parametric Study of a Solar Aided Coal-Fired Power Plant // Entropy 2013. № 15. P. 1014–1034.
- [2] Fahad, A.A., Ibrahim, D., Feridum H. Exergy modeling of a new solar driven trigeneration System // Journal of Solar Energy 2011. №85. P. 2228–2243.
- [3] Dutta G.K.K., Saha S.K. Energy analysis of solar thermal collectors // Renew. Energ. Environ. 1990. №33. P. 283–287.
- [4] Tyagi S.K., Wang S.W., Singhal M.K., Kaushik S.C., Park S.R. Exergy analysis and Parametric study of concentrating type solar collectors // Int. J. Therm. Sci. 2007. №46. P.1304–1310.
- [5] Liu G., Cengel Y.A., Turner R.H. Exergy analysis of a solar heating system // Journal of Solar Energy. 1995. №117. P.249–251.
- [6] Torres-Reyes E., Cervantes de Gortari J.G., Ibarra-Salazar B.A., Picon-Nunez M.A. Design method of flat-plate solar collectors based on minimum entropy generation // Exergy 2001. №1. P.46–52.
- [7] Bejan A., Keary D.W., Kreith F. Second law analysis and synthesis of solar collector systems // Journal of Solar Energy. 1981. №103. P.23–28.
- [8] Suzuki A. A fundamental equation for exergy balance on solar collectors // Journal of Solar Energy. 1988. №110. P.102–106.
- [9] Farzad J., Emad A. Energetic and exergetic evaluation of flat plate solar collectors // Renew. Energ. 2013. №56. P.55–63.
- [10] Luminosua I., Fara L. Determination of the optimal operation mode of a flat solar collector by exergetic analysis and numerical simulation // Journal of Solar Energy 2005. №30. P.731–747.
- [11] Farahat S., Sarhaddi F., Ajam, H. Exergetic optimization of flat plate solar collectors // Renew.Energ. 2009. №34. P.1169–1174.
- [12] Akpinar E.K., Koçyigit F., Energy and exergy analysis of a new flat-plate solar air heater having different obstacles on absorber plates // Appl. Energ. 2010. №87. C.3438–3450.
- [13] Altaa D., Bilgili E., Ertekin C., Yaldiz O. Experimental investigation of three different solar air heaters: Energy and exergy analyses // Appl. Energ. 2010. №87. C.2953–2973.

- [14] Hepbasli A. A key review on exergetic analysis and assessment of renewable energy Resources for a sustainable future // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2008. №12(3). P. 593-661.
- [15] Bejan A., Tsatsaronis G. and Moran M. Thermal Design and Optimisation. New York: John Wiley and Sons, 1996.
- [16] Kahrobaian A. and Malekmohammadi H. Exergy Optimization Applied to Linear Parabolic Solar Collectors // Journal of Faculty of Engineering, 2008. №42(1). P. 131-144.
- [17] Zamfirescu C. and Dincer I. How much exergy one can obtain from incident solar Radiation // Journal of Applied Physics. 2009. 105 p.
- [18] Bejan A. Advanced Engineering Thermodynamics. New York: John Wiley and Sons, 1988.
- [19] Petela R. Discussion of Radiation Exergy Formulae Proposed by Researchers // Engineering Thermodynamics of Thermal Radiation Mcgraw-Hill, 2010. P. 247-263.

Амиргалиев Е.Н., Кунелбаев М., Амиргалиев Б.Е., Козбакова А.Х., Иржанова А.А.

Жазық гелиоколлектордағы жылу жоғалту мен жылу тасымалдауыш коэффициентін анықтау

Аңдатпа. Бұл жұмыста жазық гелиоколлектордағы жылу тасымалдауыш температурасы мен жылу жоғалту коэффициентін анықтау қарастырылады. Коллектордан жылуды қалпына келтіру коэффициенті көмегімен пайдалы энергияны анықтадық. Жазық гелиоколлектор құбырының тиімді ұзындығын өткізгіш құбырлар арасындағы байланыстың тәуелділіктері мен гелиоколлектордың шығын коэффициентін және бір графикпен құбыр мен қосқыштың тиімді байланысын біріктіре отырып анықтадық, сонымен қатар энергияның таралу теңдеуі көмегімен құбырдағы жылу тасымалдауыштың орташа температурасы мен құбырдың жылу тасымалдау температурасын есептедік. Жылу берілудің өткізгіш құбырындағы орташа жылдамдықты және жылу тасымалдауыштың бағасын есептедік.

Кілттік сөздер: Жазық күн коллекторы, жылу жоғалту, жылу жоғалту коэффициенті, жылу тасымалдауыштың температурасы.

Amirgaliyev Y., Kunelbayev M., Kozbakova A., Irzhanova A.,

Definition of the Heat Loss and Heat Temperature Coefficient in a Flat Solar Collector

Abstract. In this paper we consider the determination of heat loss and coolant temperature in a flat solar collector. Using the heat recovery coefficient from the collector, the useful energy was determined. We determined the optimal length of a flat solar collector pipe by combining the solar collector flow coefficient and the interconnection relationship of pipelines and the efficiency of connecting the connector and the pipe with one graph, and using the energy distribution equation, the heat transfer temperature of the pipe and the average temperature of the coolant in the pipe were calculated. Calculate the cost of the coolant and the average velocity of the heat carrier in the heat transfer pipeline.

Keywords: Flat solar collector, heat losses, heat loss coefficient, coolant temperature

УДК 502.65:622.276

Б.Б.Оразбаев,¹ Г.Б.Имангазиева,¹ К.Н. Оразбаев,² Л.Т.Курмангазиева³

⁽¹⁾Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Казахстан, г.Астана,

²Казахский университет экономики, финансов и международной торговли, Казахстан, г.Астана,

³Атырауский государственный университет им. Х.Досмухамедова, Казахстан, г.Атырау)

ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ УЗК И АЛГОРИТМЫ ЕЕ РЕШЕНИЯ

Аннотация. Формализована и получена постановка задачи принятия решений по управлению УЗК в виде многокритериальной нечеткой оптимизации, которая минимизирует наибольшего отклонения локальных критериев управления от их эталонных значений, назначаемых ЛПР. Для решения поставленной задачи оптимального управления УЗК предложены: алгоритм обобщенного симплексного поиска на случай решения задачи многокритериальной оптимизации; алгоритм поиска оптимального весового вектора критериев управления и разработан эвристический алгоритм многокритериальной нечеткой оптимизации.

Ключевые слова: УЗК, модель, многокритериальная оптимизация, принятия решений, оптимальное управление.

1. Введение. Установка замедленного коксования (УЗК) предназначена для выработки из тяжелых нефтяных остатков (например, из гудрона, мазута) различных нефтепродуктов: кокс, бензин, легкий газойль, тяжелый газойль и газ [1]. На практике перед ЛПР (лицо, принимающее решение)

часто возникают задачи оптимального управления, выбора режимов работы технологических объектов, обеспечивающие требуемые количественные и качественные показатели вырабатываемых продуктов, которые задаются потребителями [2, 3]. Таким образом, одной из актуальной задачей управления УЗК, относится задача выбора оптимального режима работы установки, который обеспечивает экстремальные значения критериев управления при выполнении наложенных ограничений [4].

Исследование процесса замедленного коксования показало, что задача оптимального управления УЗК сводится к решению задач многокритериального выбора режимов ее работы [3, 5–8]. Идея предлагаемого в данной работе подхода к решению этой задачи, заключается в том, что в распоряжении ЛПР предоставляется система алгоритмов многокритериальной оптимизации (методы отсечения альтернатив, выбора главного критерия, оптимизации весов, учета нечетких параметров). ЛПР в процессе решения задачи может выбирать по своему усмотрению тот или иной алгоритм.

2. Постановка задачи. Задачи оптимального управления режимами работы УЗК, относятся многокритериальными, так как работа установки описывается по нескольким локальным критериям. Формализуем и приведем общую постановку задачи оптимального управления УЗК.

Пусть $f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x)$ критерии (целевые функции) по которым оцениваются эффективность работы УЗК, причем в общем случае, эти критерии или некоторые из них могут быть нечетко описаны, т.е. нечеткими: $\tilde{f}_i(x), i \in I \subseteq m, I$ - множество нечетких критериев. Каждый из m критериев зависит от вектора n параметров (управляющих воздействий) $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ и могут различаться своими коэффициентами относительной важности (весами) $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_m$. Критерий $f_i(x_1, x_2, \dots, x_n), i = \overline{1, m}$, образуют вектор критериев $f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x))$, а коэффициенты γ_i – весовой вектор важности критериев $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_m)$. Критерий $f_i(x_1, x_2, \dots, x_n)$ входящие в состав векторного критерия называются локальными, например выходы целевых продуктов с установки и их качественные показатели. Каждое альтернативное решение характеризуется присущей ему векторной оценкой (значением векторного критерия в точках x) $f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_m(x))$, где $f_i(x) (i = \overline{1, m})$ – значения $f_i(x)$ в точках x .

Каждый локальный критерий $f_i(x_1, x_2, \dots, x_n), i = \overline{1, m}$ связан со значениями входных воздействий. Эту зависимость описывает пакет моделей УЗК, на основе которого решается задача оптимального управления установкой. С учетом приведенной информации рассматриваемую задачу оптимального управления УЗК формализуем и запишем следующим образом:

Найти вектор управляющих (режимных) воздействий $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ являющийся решением задачи многокритериальной задачи оптимизации - многокритериального оптимального управления (1)–(3), обеспечивающий желаемые значения локальных критериев:

$$\min_x \max_i | \tilde{f}_i(x, a_i) - f_i^*(x) | \quad (1)$$

$$\text{при } \varphi_q(x) \geq 0, \quad q = \overline{1, L} \quad (2)$$

$$a_i \in L_\alpha(\tilde{a}_i), i = \overline{1, m} \quad (3)$$

где $\tilde{f}_i(x, a_i)$ – локальные критерии, значения которых вычисляются по моделям (все или часть из них могут быть нечеткими), они отражают качества работы УЗК; $f_i^*(x)$ идеальные (эталонные, желаемые) значения локальных критериев, задаваемых ЛПР; $\varphi_q(x) \geq 0$ – ограничение на составляющие вектора x . $L_\alpha(\tilde{a}_i) = \{a_i : \mu_A(a_{ij}) \geq \alpha, \alpha \in [0.5 - 1.0], i = \overline{1, m}, j = \overline{1, p}\}$ – множество уровня α нечетких чисел $\tilde{a}_i$, введенное для учета нечеткости параметров, $\mu_A(a_{ij})$ – функции принадлежности параметра a_{ij} на j -том интервале дискретизации.

Таким образом, задача оптимального управления комплексом технологических агрегатов УЗК сводится к задаче многокритериального выбора режимов работы установки, обеспечивающих желаемые значения локальных критериев качества. Эту задачу предлагается решать путем минимизации наибольшего отклонения значений локальных критериев от их эталонных (идеальных) значений: $|\tilde{f}_i(x, a_i) - f_i^*(x)|$ т.е. решением задачи многокритериального оптимального управления (1)–(3). Минимаксная постановка задачи связана с тем, что поскольку приходится решать задачу в условиях неопределенности, то разумно оценивать качество работы объекта в этой постановке, т.е. по гарантированному результату.

Некоторые критерии, например увеличения выхода целевых продуктов и сроки межремонтного пробега агрегатов или увеличения выхода всех товарных продуктов с одновременным увеличением всех качественных показателей продукции, противоречивы и вследствие этого не существует альтернативного решения X наилучшего по всем критериям. Поэтому следует уточнить постановку задачи и указать смысл оптимума векторного критерия $f(x)$. В связи с этим требуется найти оптимальную альтернативу решения x , определяемую двумя условиями: 1) альтернатива должна быть осуществима, т.е. должна принадлежать множеству Ω_x ее допустимых значений; 2) альтернатива должна быть наилучшей в смысле принятого в задаче принципа компромисса с учетом вектора важностей локальных критериев γ .

3. Алгоритмы решения многокритериальных задач для оптимального управления УЗК.

Переходим к рассмотрению предложенных алгоритмов многокритериальной оптимизации, используемых для решения задач выбора рационального режима работы, т.е. для управления УЗК. Для решения многокритериальных задач оптимизации (1)–(3) можно применить один из эффективных подходов, основанный на идее выявления предпочтений ЛПР одновременно с исследованием допустимого множества действий для отыскания эффективных решений. Средством реализации такого подхода являются эвристические (человеко-машинные) процедуры.

Человеко-машинная процедура принятия решений по управлению объектом представляет собой циклический процесс взаимодействия *человека* (ЛПР) и *компьютера*. Цикл состоит из фазы анализа и *принятия решений* (постановка задачи для компьютера), выполняемой ЛПР, и фазы оптимизации (поиск решения и вычисление его характеристик) реализуемой компьютером. В процессе взаимодействия ЛПР проясняет характерные черты задачи, выявляет и уточняет свои предпочтения и в результате сообщает дополнительную информацию, благодаря, которой компьютер вырабатывает все более совершенные решения. Процесс заканчивается, когда компьютер (система принятия решений и управления) вырабатывает приемлемое для ЛПР (оператора УЗК) решение.

Для решения задачи управления (1)–(3), (при значении множества уровня $\alpha=1$) предлагается алгоритм, основанный на применение методов управляемого прямого поиска [9]. Этот алгоритм является обобщением метода симплексного поиска на случай решения задачи многокритериальной оптимизации.

Алгоритм представляет собой итерационную процедуру последовательного уменьшения (поиска экстремума) значений функции качества с использованием конфигурации симплекса. На каждом шаге минимизации ЛПР делит $n+1$ вершину симплекса на три группы: «плохих», «средних» и «хороших» вершин.

После этого производится отображение «плохих» и «средних» вершин (каждой группы по разным правилам) и строится новый симплекс, состоящий из «хороших» неотображенных вершин предыдущего симплекса и новых вершин, заменивших «плохие» и «средние».

Для управления процессом минимизации ЛПР сравнивает значения функции качества в центрах соседних симплексов. Процесс строится так, чтобы функция качества монотонно убывала в центрах симплексов. Приведем основные операции предлагаемого алгоритма:

Алгоритм СМ-1.

1. Выбрать начальную точку x^1 , $N=1$.
2. Построить правильный симплекс S_N с центром x^N , радиусом описанной гиперболы R_N и вершинами $x^{N,j}$ $j = \overline{1, n+1}$.
3. В вершинах $x^{N,j}$ $j = \overline{1, n+1}$, и в центре x^N произвести измерение значений критериев $f_i(x^{N,j})$ и $f_i(x^N)$, $j = \overline{1, n+1}$, $i = \overline{1, m}$.

4. ЛПР предлагается выбрать среди вершин $x^{N,j}$, $j = \overline{1, n+1}$, вершины с минимальным и максимальным значением функции критериев качества f_i , которые нумеруются $x^{N, n+1}$ и $x^{N, 1}$ соответственно.

5. ЛПР предлагается разделить вершины $x^{N,j}$, $j = \overline{1, n+1}$, на три класса: m “плохих” вершин ($n \leq m \leq n$, пронумеровать их $j = \overline{1, m}$), I «средних» ($0 \leq I \leq n-m$, пронумеровать их $j = \overline{m+1, m+1}$), и $n-1-m-I$ «хороших» (пронумеровать их $j = \overline{m+1+1, n+1}$).

6. Положить $\alpha=2$ (параметр для изменения формы и размера симплекса).

7. Построить симплекс S_{N+1} по формулам:

$$x^{N+1,j} = (\alpha-1)x^{N,j} + \frac{2-\alpha}{n+1-m-l} \sum_{q=1}^m x^{N,q}, \quad j = \overline{1, n+1}.$$

$$x^{N+1} = (\alpha-1)x^{N,j} + \frac{2-\alpha}{n+1-m-l} \sum_{q=m+1+1}^{n+1} x^{N,q},$$

Если $\alpha=1$, то перейти к следующему шагу, иначе построить симплекс по формулам:

$$x^{N+1,j} = x^{N,j} + 2\Delta_{N+1}(m,l), \quad j = \overline{1, m},$$

$$x^{N+1,j} = x^{N,j} + 2m\Delta_{N+1}(m,l)/(n+1-l), \quad j = \overline{m+1, n+1}.$$

$$x^{N+1,j} = x^{N,j}, \quad j = \overline{m+1+1, n+1},$$

$$x^{N+1} = x^N + 2m\Delta_{N+1}(m,l)/(n+1-l), \quad j = \overline{1, m},$$

$$\Delta_{N+1}(m,l) = \sum_{q=m+1+1}^{n+1} x^{N+1,q} / (n+1-m-l) - \sum_{i=1}^m x^{N+1,q} / m$$

8. Проверить правило останова поиска. Если оно выполняется, то перейти к шагу 14.

9. Измерить $f_i(x^{N+1})$, $i = \overline{1, m}$ в центре x^{N+1} .

10. ЛПР предлагается сравнить значения функции качества $f_i(x^N)$ и $f_i(x^{N+1})$. Если $f_i(x^{N+1}) > f_i(x^N)$, перейти к шагу 13.

11. В вершинах $x^{N+1,j}$, которые не совпадают с вершинами $x^{N,j}$, $j = \overline{1, n+1}$, произвести измерения значений $f_i(x^{N+1,j})$, $j = \overline{1, n+1}$, $i = \overline{1, m}$.

12. $N=N+1$, перейти к шагу 4.

13. Если $\alpha=2$, положить $\alpha=1,5$. Если $\alpha=1,5$, положить $\alpha=0,5$. Если $\alpha < 1$, положить $\alpha=\alpha/2$. Перейти к шагу 7.

14. Поиск прекратить. Запомнить вершину с минимальным значением функции качества.

Особенностью задач ПР при управлении УЗК является то, что в зависимости от производственной ситуации взаимная важность критериев меняется. Для идентификации оптимального весового вектора, в этом случае, привлекается ЛПР, которое может оценивать качество предлагаемых ему решений многокритериальной задачи оптимизации по совокупности критериев.

В качестве эффективного метода решения этой задачи используем метод, основанный на сведении многокритериальной задачи к однокритериальной путем поиска весового вектора и соответствующего ему решения исходной многокритериальной задачи, отражающих представления ЛПР о качестве решения [6]. В этом методе осуществляется сведение задачи многокритериальной оптимизации в исходном пространстве к задаче оптимизации в пространстве весов. На основе этой идеи построен диалоговый алгоритм.

Приведем описания алгоритма поиска оптимального весового вектора. Этот алгоритм представляет собой один из вариантов метода управляемого прямого поиска с отображением нескольких вершин симплекса каждая из которых соответствует своему весовому вектору.

Алгоритм СМ-2.

1. На основе имеющейся информации (случайным образом или с помощью ЛПР) выбираются несколько весовых векторов x_1 , которые образуют вершины исходного симплекса в пространстве весов.

2. Осуществляется поиск решений, соответствующих вершинам симплекса. С этой целью для каждой вершины симплекса решается задача однокритериальной оптимизации целевой функции в виде свертки локальных критериев с весовым вектором, соответствующим данной вершине симплекса:

$$f(x) = \min_x \sum_{i=1}^m x_i^1 f_i(x), \quad i = \overline{1, m}$$

где x – вектор управляющих параметров во множестве Парето.

3. ЛПР сравнивает качество полученных в пункте 2 решений и делит вершины симплекса на несколько групп, например «плохие», «средние» и «хорошие».

4. По построенному ЛПР разбиению вычисляются новые вершины симплекса (аналогично п.7 алгоритма СМ-1), образующие с частью вершин старого симплекса новый симплекс, т.е. отображаются плохие вершины симплекса.

5. Проверить правило останова поиска. Если ЛПР удовлетворяют текущие решения, то поиск прекратить и вывести результатов оптимизации. В противном случае переход к пункту 2.

В этом методе, путем выбора наиболее эффективных алгоритмов для решения однокритериальных подзадач многокритериальной оптимизации можно увеличить скорость сходимости.

Одним из перспективных направлений в условиях неопределенности является класс задач управления, связанных с принятием решений оператором в контуре «человек-ЭВМ». Осуществление диалога в таком контуре немыслимо без использования языков, близких к естественному, способных описывать нечеткие категории, приближенные к человеческим понятием и представлением. В этой связи целесообразно использовать понятие лингвистической переменной [10–12]. Лингвистические переменные могут позволить адекватность отразить приблизительное словесное описание процессов, работы объектов в том случае, когда точное детерминированное описание отсутствует. При этом следует учесть, что многие нечеткие параметры, описание лингвистически, зачастую не менее информативны, чем точное описание.

Предложенный нами диалоговый алгоритм многокритериальной нечеткой оптимизации для решения задачи управления (1)–(3), состоит из следующих основных пунктов:

Алгоритм МКНО

1. Выделяются диапазоны по надежности, т.е. уровни надежности (УН) рекомендуемых управлений, получаемых на основе нечетких моделей. Например, нами выделены следующие уровни надежности управления:

УН = 1, при $0.9 \leq \alpha \leq 1.0$ – высоконадежное (точное);

УН = 2, при $0.7 \leq \alpha \leq 0.9$ – надежное;

УН = 3, при $0.5 \leq \alpha \leq 0.7$ – средненадежное;

УН = 4, при $0.0 \leq \alpha \leq 0.5$ – низконадежное;

где α – значения множество уровня α .

2. ЛПР назначает желательные (эталонные) значения локальных критериев - $f_i^*, i = \overline{1, m}$;

3. Алгоритм рассчитывает минимаксные (гарантированные) варианты решения при различных УН управления.

$$\min_{x \in \Omega} \max_i | \tilde{f}_i(x, a_i) - f_i^* |$$

$$a_i \in L_\alpha(\tilde{a}_i), 0.5 \leq \alpha \leq 1.$$

4. ЛПР сообщает результаты минимизации и уровни надежности управления.

5. Если ЛПР выбирает приемлемый вариант решения задачи с учетом уровня надежности управления, то перейти к п.7. Иначе, (если ЛПР не удовлетворяют текущие решения) перейти к следующему пункту 6.

6. ЛПР изменяет свои требования, т.е. корректирует f_i^* , вернуться к пункту 3.

7. Поиск прекратить. Вывод значений $f_i^*(x^*, a_i)$, УН и рекомендуемого вектора управления $x^* = (x_1^*, \dots, x_n^*)$.

Такой алгоритм эффективно используется, когда значения локальных критериев характеризуется размытостью (например, из-за нечеткости модели описывающие влияние выбранных управляющих параметров на значения локальных критериев) и ЛПР хочет получить гарантированные результаты.

К особенностям предложенного алгоритма можно отнести;

- улучшение значений локальных критериев при некоторых фиксированных значениях эталонных уровней f_i^* возможно только за счет снижения уровня a , т.е. уровня надежности управления;

- ЛПР путем корректировки желательных (эталонных) значений f_i^* может дать предпочтение тому или иному локальному критерию $f_i(x, a_i)$, $i = \overline{1, m}$;

- Путем выбора наиболее эффективных алгоритмов (в зависимости от вида функции (модели) $\tilde{f}_i(x, a)$ для минимизации $|\tilde{f}_i(x, a_i) - f_i^*|$, можно увеличить скорость вычисления;

- Итерационная процедура последовательной минимизации максимального отклонения значений локальных критериев от эталонных уровней f_i^* повторяется до тех пор, пока ЛПР не удовлетворяют текущие результаты.

Для выбора рациональных режимов работы УЗК в зависимости от производственной ситуации и учета изменения важности критериев, рассмотренные алгоритмы реализуются в виде человеко-машинной процедуры.

4. Заключение. Задача оптимального управления УЗК сформулирована в виде задачи многокритериального выбора режимов работы установки, обеспечивающие желаемые значения локальных критериев качества и предложены алгоритмы ее решения. Локальные критерии поставленной задачи могут быть нечеткими и характеризуются коэффициентами относительной важности, что позволяют более адекватно описать и учитывать ситуацию реальных технологических объектов. Предлагается решать сформулированную задачу оптимального управления путем минимизации наибольшего отклонения значений локальных критериев управления от их эталонных (идеальных) значений.

Для решения многокритериальных задач оптимального управления УЗК используется подход, основанный на идее выявления предпочтений ЛПР одновременно с исследованием допустимого множества действий для отыскания эффективных решений. В качестве средства реализации этого подхода предлагается эвристические (диалоговые, человеко-машинные) процедуры, которые реализованы в виде алгоритма обобщенного симплексного поиска на случай решения задачи многокритериальной оптимизации.

Особенностью поставленной задачи управления УЗК является то, что в зависимости от производственной ситуации взаимная важность критериев меняется. Для идентификации оптимального весового вектора, в этом случае, привлекается ЛПР, которое может оценивать качество предлагаемых ему решений многокритериальной задачи оптимизации по совокупности критериев. Приведено описание алгоритма поиска оптимального весового вектора, который представляет собой один из вариантов метода управляемого прямого поиска с отображением нескольких вершин симплекса каждая из которых соответствует своему весовому вектору. Разработан эвристический алгоритм многокритериальной нечеткой оптимизации, который эффективно используется при решении задачи оптимального управления УЗК, когда значения локальных критериев характеризуется нечеткостью модели описывающие влияние выбранных управляющих параметров на значения локальных критериев и ЛПР хочет получить гарантированные результаты

ЛИТЕРАТУРА

[1] Гафнер В.В., Шкодин Ю.К., Седов П.С. Интенсификация работы установки замедленного коксования типа 21-10/6 Гурьевского НПЗ // Исследование в области производства нефтяного кокса. -М.: 2010, ЦНИИЭНефтехим, сб.научн.трудов БашНИИНИП. -С.24-33.

[2] Оразбаева К.Н. Исследование экономико-экологических критериев установки каталитического риформинга, формализация задачи оптимизации и разработка алгоритма ее решения // «Нефть и газ», 2007. № 2, -С.86-93.

[3] B.B. Orazbayev, K.N. Orazbayeva, L.T. Kurmangazyeva, V.E. Makhatova Multi-criteria optimisation problems for chem.l eng.systems and algorithms for their solution based on fuzzy math. methods. EXCLI Journal 2015; vol.14: P.984-998.

- [4] Оразбаев Б.Б. Методы моделирования и принятия решений для управления производством в нечеткой среде. ЕНУ, -Астана: 2016, 398 с.
- [5] Оразбаев Б.Б., Курмангазиева Л.Т. Разработка математических моделей и оптимизация химико-технологических систем при нечеткости исходной информации. –Москва: Российская Академия Естествознания. 2014. – 163 с.
- [6] Рыков А.С., Оразбаев Б.Б., Кузнецов А.Г. Математическое моделирование процесса получения кокса на установках замедленного коксования. // Известия ВУЗов, Черная металлургия, -Москва: №8, 1998. -С.66-69.
- [7] Ospanov Y.A. B.B.Orazbayev, Orazbayeva K.N., Mukataev N.S., Demyanenko A.I. Mathematical modeling and decision-making on controlling modes of technological objects in the fuzzy environment // Proceedings of the Words Congress on intelligent Control and Automation (WCICA). Guilin, China. IEEE Catalog Number: CFP16496-ART ISBN: 978-1-4673-8414-8 P. 103-109.
- [8] Dubois D. The role of fuzzy sets indecision sciences: Old techniques and new directions // Fuzzy Sets and Systems. V. I. No 184. – 2011. –С. 3–28.
- [9] Рыков А.С. Поисковая оптимизация. Методы деформируемых конфигураций. -М.: Наука, 1993. -216 с.
- [10] B.B. Orazbayev, Orazbayeva K.N., Utenova B.E. Development of Mathematical Models and Modeling of Chemical Engineering Systems under Uncertainty// Theor. Foundations of Chem. Eng. // 2014. Vol. 48, No 2, -P. 138-147.
- [11] Оразбаев Б.Б. Теория и практика методов нечетких множеств. Министерство науки и образования РК, -Бастау, -Алматы, 2014, 488 с.
- [12] Y. Ospanov, B.Orazbayev, K.Orazbayeva, T Gancarzyk, A.Shaikhanova. Control of Fuzzy Technological Objects Based on Mathematical Model//2016 16-th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS 2016) Oct 18-19 2016 in HICO, Gyengju, Korea. –P. 1487-1493.

Оразбаев Б.Б., Имангазиева Г.Б., Оразбаева К.Н., Курмангазиева Л.Т.

БКҚ оптималды басқару есептері және оны шешу алгоритмдері

Түйіндеме. Баяу коксілеу қондырғысын (БКҚ) басқару үшін шешім қабылдау есебі формализацияланып, басқару локальды критерийлерінің оның ШҚТ тағайындаған эталондық мәндерінен максималды ауытқуын минимизациялайтын көпкритерийлі оптимизациялау есебі түрінде қойылымы алынған. Қойылған БКҚ оптималды басқару есебін шешу үшін көпкритерийлі оптимизациялау есебін шешу жағдайына бейімделген жалпылама симплекстік іздеу алгоритмі; басқару критерийлерінің оптималды салмақтық векторын іздеу алгоритмі ұсынылған және көпкритерийлі айқын емес оптимизациялаудың эвристикалық алгоритмі құрылған.

Кілттік сөздер: БКҚ, модель, көпкритерийлік оптимизациялау, шешім қабылдау, оптималды басқару.

Orazbayev B.B., Imanngazieva G.B., Orazbayeva K.N., Kurmangazieva L.N.

The optimal control problem delayed coking plants and the algorithms for solving it

Summary. The formulation of the problem of making decisions on the management of the delayed coking unit in the form of multi-objective fuzzy optimization is formalized and obtained, which minimizes the greatest deviation of the local control criteria from their reference values assigned by the person? the decision maker. To solve the problem of the optimal control of the delayed coking unit, we propose: an algorithm for generalized simplex search for the case of solving the multicriterion optimization problem; an algorithm for finding the optimal weight vector of control criteria, and a heuristic algorithm for multi-criterion fuzzy optimization was developed.

Keywords: Installation of delayed coking, model, multi-criteria optimization, decision making, optimal control.

УДК 681.7.068

G.Kashaganova, A.U.Kalizhanova, S.N.Amirgaliyeva, S.S.Akhmetov, Zh.S Aitkulov.

MODERN TECHNOLOGIES OF FIBER BRAGG GRATINGS PRODUCTION AND THEIR CRITICAL PARAMETERS

Abstract. This article covers a short review of the most important features and characteristics of fiber Bragg gratings (FBG). Basic production methods and application fields are described there. A fiber Bragg grating is a type of distributed Bragg reflector constructed in a short segment of optical fiber that reflects particular wavelengths of light and transmits all others. These changes of the reflective index pattern a Bragg grating structure. The basic method of FBG creation is the following – a fiber is exposed to the intense ultraviolet radiation by means of usage an interference pattern, which period is equal to a period of the grating to be created.

Key words: optical fiber, fiber Bragg grating, interference methods, photomask method, point-to-point method.

Г.Б. Кашаганова^{1,2}, А.У. Калижанова^{1,3}, С.Н. Амиргалиева¹, С.С. Ахметов^{1,3}, Ж.С. Айткулов^{1,4}

(¹Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК Алматы,

Республика Казахстан, ²Казахско-Американский университет, Алматы, Республика Казахстан

РК ³Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан

⁴Алматинский университет энергетики и связи, Алматы, Республика Казахстан guljan_k70@mail.ru)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВОЛОКОННЫХ РЕШЕТОК БРЭГГА И ИХ ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

Аннотация. В статье дан краткий обзор наиболее важным свойствам и характеристикам волоконных решеток Брэгга (ВРБ). Описаны основные методы их изготовления и области применения. Волоконная решетка Брэгга состоит из отрезка оптического волокна, показатель преломления которого периодически изменяется по длине волокна. Эти изменения показателя преломления моделируют структуру решетки Брэгга. Общий метод изготовления ВРБ состоит в том, что волокно подвергается интенсивному ультрафиолетовому облучению через шаблон, который имеет период, равный периоду решетки, подлежащей изготовлению.

Ключевые слова: оптическое волокно, волоконная решетка Брэгга, интерференционные методы, метод фазовой маски, пошаговый метод.

Волоконные решетки Брэгга в настоящее время широко используются в оптических волокнах (ОВ) и планарных световодах для уплотнения каналов по длине волны (так называемая DWDM-технология), оптической фильтрации сигналов, как резонаторные зеркала в волоконных и полупроводниковых лазерах, как сглаживающие фильтры в оптических усилителях, для компенсации дисперсии в магистральных каналах связи.

Другой областью применения волоконных решеток Брэгга (ВРБ) является использование их в различных измерительных системах, контролирующих параметры окружающей среды, такие как: температура, влажность, давление, деформация, содержание химических веществ.

Волоконная решетка представляет собой участок волоконного световода (как правило, одномодового), в структуре которого наведена периодическая структура показателя преломления с периодом Λ , имеющая определенное пространственное распределение. На рисунке 1 показано схема волоконных решеток показателя преломления.

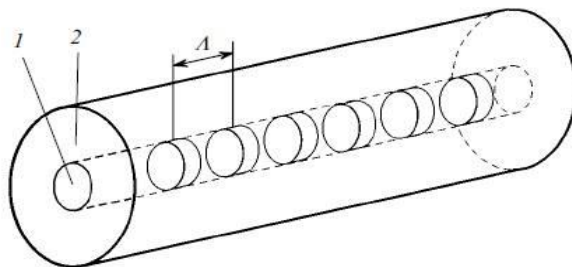


Рис. 1. Схема волоконной решётки показателя преломления:

1 – фоточувствительная сердцевина волоконного световода; 2 – кварцевая оболочка

Основным спектральным свойством такой структуры, определяющим использование ВРБ, является узкополосное отражение на заданной длине волны. Резонансная или Брэгговская, длина волны определяется величиной и периодом изменения показателя преломления

$$\lambda = 2n_{eff}\Lambda, \quad (1)$$

где λ – длина волны света в вакууме;

n_{eff} – эффективный показатель преломления света в волокне;

Λ – период решетки.

Волокна с решетками Брэгга являются узкополосными оптическими фильтрами, которые отражают излучение с определенной длиной волны и пропускают практически без затухания излучение на всех остальных длинах волн входного спектра сигнала.

При изготовлении ВРБ к их параметрам предъявляются жесткие требования. Наиболее важными параметрами волоконных решеток являются распределение амплитуды модуляции показателя преломления $\Delta n(x)$ и закон изменения периода $\Delta \Lambda(x)$ решетки вдоль продольной оси волокна. Отклонение этих параметров от требуемых значений приводит к ухудшению спектральных характеристик ВБР и работы волоконно-оптической линии связи в целом.

Запись или изготовление волоконных решеток Брэгга может быть классифицирована по типу используемого для записи лазера, длине волны излучения, методу записи, облучаемому материалу и типу решетки [1].

Лазеры, используемые для записи ВРБ, могут быть как непрерывными, так и импульсными, с длиной волны излучения от инфракрасного (ИК) до ультрафиолетового (УФ) диапазона спектра. Данные различия определяют пространственную и временную когерентность используемых для записи источников оптического излучения, что в свою очередь определяет выбор соответствующего метода записи ВРБ. Среди основных методов записи ВРБ выделяют метод фазовой маски (ФМ), интерферометрический метод и пошаговый метод.

Метод фазовой маски является наиболее простым и эффективным, так как позволяет исключить из схемы записи дорогостоящие виброизолирующие столы, развязанные фундаменты и основания, необходимые при многоимпульсной записи, и при этом получать решетки с требуемыми характеристиками. На первом этапе ФМ формируется путем засветки кварцевой пластины, покрытой фоторезистом. Засветка осуществляется либо электронным лучом, управляемым ЭВМ, либо формированием на поверхности фоторезиста интерференционного изображения маски. После травления засвеченной пластины и формируется маска с необходимым периодом Λ_m . На втором этапе происходит формирование дифракционной решетки в волокне [2], [3]. Для этого УФ луч от источника излучения направляется на поверхность фазовой маски, дифракция света на которой порождает ряд световых пучков различных порядков.

Принципиальная схема записи ВРБ методом фазовой маски (ФМ) представлена на рисунке 2

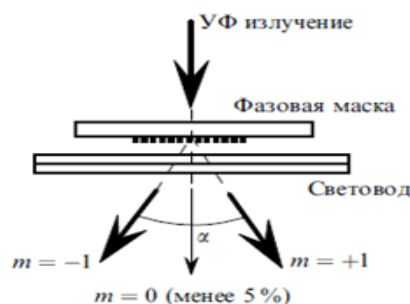


Рис. 2. Схема записи решеток Брэгга с помощью фазовой маски

Цилиндрическая линза фокусирует излучение по одной из осей для достижения требуемой плотности энергии. Излучение, проходя через фазовую маску, дифрагирует на +1 и -1 порядки. Интерференционная картина +1 и -1 порядков осуществляет запись решетки ПП в сердцевине ОВ, закрепленного на расстоянии нескольких микрон от ФМ.

С другой стороны, такой метод не позволяет менять длину волны отражения ВРБ, вследствие фиксированного значения периода фазовой маски. Также данный метод не позволяет производить запись решеток Брэгга в процессе вытяжки волокна, так как последнее требует отсутствия оптических элементов вблизи движущегося волокна [4].

Кроме того, при использовании УФ света нужно производить процедуру снятия защитной полимерной оболочки волокна перед записью решетки. Эта процедура необходима, так как стандартные полимеры, используемые в качестве оболочки волокна, непрозрачны для УФ света. Снятие оболочки приводит к удлинению процесса изготовления волокна с записанной в нем дифракционной структурой и снижает прочность волокна.

Использование фазовой маски является удобным для рутинной записи решеток с фиксированными параметрами. Так как волоконный световод помещается в непосредственной близости к фазовой маске в ближнем поле дифрагирующих УФ-пучков, чувствительность схемы к

механическим вибрациям снижена. Фазовые маски с переменными по длине параметрами позволяют записывать сложные типы решеток (со сглаженной амплитудой модуляции ПП, с переменным периодом и т.д.). Следует отметить, что фиксированность параметров записи одновременно является и недостатком обсуждаемой схемы записи. Возможна лишь небольшая перестройка резонансной длины волны (~ 2 нм, [5]) в длинноволновую область посредством изменения угла между фазовой маской и световодом. Перестройка брэгговской длины волны в относительно широких пределах возможна в интерферометре Тальбота [6], схема которого приведена на рис. 3. При этом соответствующая перестройка угла интерференции φ в этом бесконтактном методе записи с использованием фазовой маски осуществляется синхронным поворотом зеркал.

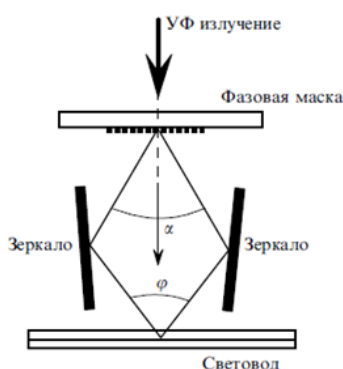


Рис. 3. Схема записи решеток Брэгга в интерферометре Тальбота

В силу малого периода ВРБ их изготавливают, как правило, с использованием интерференционных методов. Так как процесс записи необходимой решеточной структуры может длиться несколько десятков минут, изготовление качественной решетки возможно лишь при высокой стабильности интерференционной картины. Такие условия могут быть обеспечены лишь при хорошей пространственной и временной когерентности фотоиндуцирующего излучения, что накладывает жесткие требования на источники излучения для записи ВРБ.

Предложены различные схемы записи ВРБ [7], в которых путем сведения пучков УФ-излучения под углом α образуется интерференционная картина с периодом интерференции Λ (период решетки). Период Λ определяется следующим уравнением:

$$\Lambda = \frac{\lambda_{uv}}{2 \sin(\alpha/2)}, \quad (2)$$

где λ_{uv} – длина волны УФ-излучения.

Волоконный световод, в котором осуществляется запись решетки Брэгга, помещается в область интерференции, и в пучностях интерференционной картины в фоточувствительной сердцевине увеличивается показатель преломления стекла. Таким образом, период решетки совпадает с периодом интерференционной картины Λ .

В первом интерферометре, который использовался для записи ВРБ [8], использовалось разделение УФ-излучения с помощью светоделительной пластины на два пучка, которые затем сводились под углом. Одна из схем такого типа интерферометров представлена на рисунке 4.

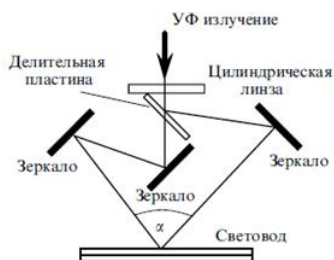


Рис. 4. Схема записи решеток Брэгга в интерферометре с делением амплитуды

Для обеспечения высокого контраста интерференционной картины светоделительная пластина подбирается таким образом, чтобы интенсивность сводимых пучков была одинакова. Цилиндрическая линза используется для фокусировки излучения на сердцевине волоконного световода.

Интерферометры с делением амплитуды обладают гибкостью в реализации параметров решеток (период, длина), однако требуют высокой пространственной и временной когерентности излучения. Кроме того, интерферометрам такого типа присущи следующие существенные недостатки. Во-первых, они обладают высокой чувствительностью к механической вибрации оптических компонентов, субмикронные перемещения которых вызывают смещение интерферометрических полос. Во-вторых, так как разделенные пучки проходят относительно длинный путь по воздуху, локальные колебания воздуха, изменяя его показатель преломления, заметно усложняют получение стабильной интерференционной картины.

Во многом от указанных недостатков свободны интерферометр Ллойда и призмный интерферометр, представленные на рисунке 5 и 6. С помощью диэлектрического зеркала (интерферометр Ллойда) либо призмы (призмный интерферометр) две половины УФ-пучка смешиваются под углом α . Перестройка угла α осуществляется путем поворота интерферометра и световода, что заметно проще в сравнении с предыдущим типом интерферометров. В силу малого оптического пути и минимального количества оптических элементов эти интерферометры отличаются высокой механической стабильностью. Однако требования к когерентности УФ-излучения остаются по-прежнему высокими, поэтому указанные типы интерферометров преимущественно применяются с использованием излучения второй гармоники аргонового лазера.

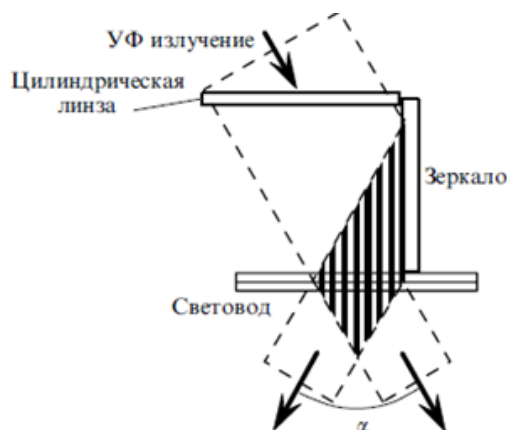


Рис. 5. Схема записи решеток Брэгга с использованием интерферометра Ллойда

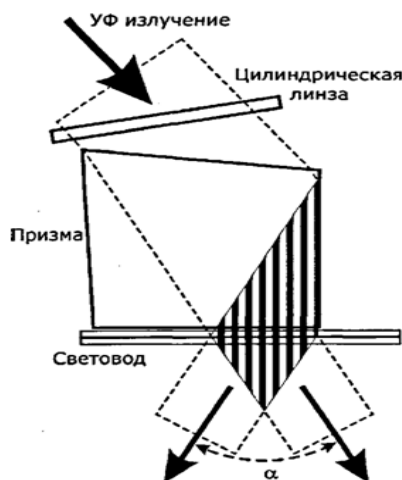


Рис. 6. Схема записи решеток Брэгга с использованием призмного интерферометра

Еще один метод записи – это пошаговый метод. Привлекательность данного метода в том, что он устраняет необходимость использования фазовой маски и позволяет записывать решетки с брэгговским резонансом на любой длине волны [10]. Кроме того данный метод позволяет формировать произвольные профили отдельного штриха решетки и всего распределения амплитуды наведенного ПП в целом, а также изменять период по длине решетки [9], то есть создавать chirпированные ВРБ без использования ФМ с переменным по длине периодом. Принципиальная схема записи ВРБ пошаговым методом продемонстрирована на рисунке 7.

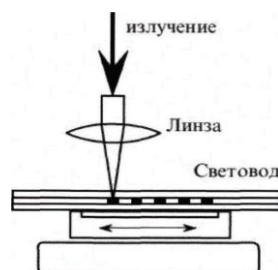


Рис. 7. Принципиальная схема записи ВРБ пошаговым методом

Однако данный метод имеет и ряд существенных недостатков: это и необходимость прецизионной механической трансляции ОВ вдоль сфокусированного излучения, и невозможность записи решетки ПП одиночным импульсом.

Перечисленные методы записи ВРБ являются наиболее распространенными в силу их относительной простоты и гибкости параметров. Вместе с тем предложены и другие методы [7], которые позволяют изготавливать, в том числе, специальные типы решеток (ВРБ большой длины, ВРБ с изменением периода и амплитуды модуляции по длине решетки и т.д.).

В процессе записи обычно используется контроль спектра пропускания и отражения с помощью широкополосного источника излучения и оптического спектроанализатора. Спектры пропускания и отражения наиболее важные спектральные характеристики ВРБ. В большинстве случаев измерение спектров решеток осуществляется с использованием широкополосного источника оптического излучения и анализатора спектра, как показано на рисунке 8.

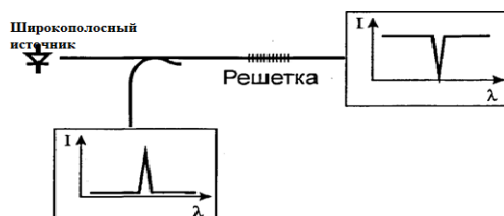


Рис. 8. Оптическая схема измерения спектров пропускания и отражения волоконных решеток

Для регистрации спектров с высоким спектральным разрешением (< 0.1 нм) и большим динамическим диапазоном (> 20 дБ) требуется широкополосный источник света, обладающий высокой спектральной яркостью. В качестве таких источников, как правило, используются полупроводниковые люминесцентные диоды и волоконные люминесцентные источники. Недостатками таких источников является относительно небольшая спектральная ширина излучения ($\sim 30 - 40$ нм) и, в ряде случаев, невысокая временная стабильность спектра излучения, осложняющая проведение нормированных абсолютных измерений спектров решеток. В связи с указанными недостатками, часто, при проведении измерений в качестве источника оптического излучения используют вольфрамовую галогенную лампу, несмотря на то, что спектральная яркость ее излучения (речь идет об излучении, введенном в одномодовый волоконный световод) на 2-3 порядка уступает яркости люминесцентных источников.

В настоящее время, в большинстве случаев для регистрации спектров используются стандартные спектроанализаторы производства ряда иностранных фирм (Hewlett-Packard, Anritsu, Ando и др.), которые, как правило, имеют спектральный диапазон измерений 600 -1700 нм,

спектральное разрешение 0.1 нм и лучше, предел обнаружения оптического сигнала на уровне 1 пВт (-80 ÷ -90 дБм). Время регистрации спектра, как правило, зависит от уровня входного сигнала и ширины измеряемого спектрального диапазона и обычно находится в пределах интервала 1÷100 сек. Современные спектроанализаторы имеют встроенный интерфейс обмена данными с персональным компьютером (как правило, интерфейс GPIB), поэтому результаты измерений могут синхронно заноситься в память компьютера, что особенно важно при проведении измерений динамики записи или отжига решеток, изучения их спектрального отклика на внешние динамические воздействия и т.д. Спектры пропускания регистрируются непосредственно при прохождении излучения источника через световод, с записанной в нем решеткой. При измерении спектров отражения отраженное излучение отводится на спектроанализатор с помощью волоконно-оптического ответвителя (рис. 8) или циркулятора с известными спектральными характеристиками. В такой схеме регистрации отраженного сигнала оптические потери, вносимые циркулятором, составляют ~ 1 дБ, в то время как, использование ответвителя приводит к дополнительным потерям не менее 6 дБ. Вместе с тем циркулятор имеет спектрально ограниченную область использования и является дорогостоящим оптическим элементом.

Таким образом, совокупность всех вышеперечисленных факторов определяет выбор схемы регистрации спектров отражения и пропускания волоконных решеток ПП в каждом конкретном случае

Закключение. Таким образом, в работе представлен обзор достижений современных методов по записи ВРБ. Проанализированы достоинства и недостатки существующих на сегодняшний день методов и технологий записи решеток Брэгга в ОВ. Проведенный обзор демонстрирует все многообразие методов записи решеток Брэгга в ОВ, которые позволяют изготавливать ВРБ с эффективностью 0,1-99,9% и шириной полосы отражения 0,01-10 нм. Однако каждый из них имеет свои недостатки и накладывает определенные ограничения затрудняющие запись ВРБ в процессе вытяжки ОВ. Последнее существенно упрощает и ускоряет процесс записи массивов ВРБ, лежащих в основе создания распределенных волоконно-оптических измерительных комплексов.

Исследование проведено в рамках проекта ГФ №АР05132778 «Исследование и разработка системы интеррогации сигналов с оптоволоконным рефрактометром с использованием телекоммуникационных сетей» ИИВТ КН МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Becker M. Fiber Bragg Grating Inscription with UV Femtosecond Exposure and Two Beam Interference for Fiber Laser Applications / M. Becker, S. Bruckner, E. Lindner, M. Rothhardt, S. Unger, J. Kobelke, K. Schuster, H. Bartelt // *Proc. of SPIE.* - 2010. - V. 7750, 775015-1.
- [2] Nasu Yusuke, Yamashita Shinji. Fabrication of long superstructure fiber Bragg gratings (SSFBFs) using a novel scanning phase-mask technique // *Jap. J. Appl. Phys. Pt. 1.* 2002. V. 41. №7B. P. 4790-4793.
- [3] Mayer E.E., Gillett D.A., Govorkov S. Fiber Bragg grating writing by interferometric or phase-mask methods using high-power excimer lasers // *Fiber and Integr. Opt.* 1999. V. 18. №3. P. 189-198.
- [4] Варжель С. В. Запись узкополосных волоконных брэгговских отражателей одиночным импульсом эксимерного лазера методом фазовой маски / С. В. Варжель, А. В. Куликов, В. А. Асеев, В. С. Брунов, В. Г. Калько, В. А. Артеев // *Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО.* - 2011. - Т. 75. - № 5. - С. 27-30.
- [5] A. Othonos, X. Lee, "Novel and improved methods of writing Bragg gratings with phase- masks", *IEEE Phot. Techn. Lett.*, vol.7,1183,1995.
- [6] P.E. Dyer, R.J. Farley, R. Giedl, "Analysis and application of a 0/1 order Talbot interferometer for 193 nm laser grating formation", *Optics Communications*, vol.129,98, 1996.
- [7] R. Kashyap "Fiber Bragg Gratings", Academic Press, 1999.
- [8] G. Meltz, W.W. Morey, W.H. Glenn, "Formation of Bragg gratings in optical fibres by transverse holographic method", *Opt. Lett.*, Vol.14, No.15,823-825,1989.
- [9] Васильев, С. А. Волоконные решетки показателя преломления и их применение / С. А. Васильев, О. И. Медведков, И. Г. Королев, А. С. Божков, А. С. Курков, Е. М. Дианов // *Квантовая электроника.* - 2005. - Т. 35. - № 12. - С. 1085-1103.
- [10] Lai, Y. Point-by-point inscription of sub-micrometer period fiber Bragg gratings / Y. Lai, K. Zhou, K. Sugden, I. Bennon // *OSA/CLEO/QELS.* - 2008.-paper CTuU2.
- [11] Nasu Yusuke, Yamashita Shinji. Fabrication of long superstructure fiber Bragg gratings (SSFBFs) using a novel scanning phase-mask technique // *Jap. J. Appl. Phys. Pt. 1.* 2002. V. 41. №7B. P. 4790-4793.
- [12] Mayer E.E., Gillett D.A., Govorkov S. Fiber Bragg grating writing by interferometric or phase-mask methods using high-power excimer lasers // *Fiber and Integr. Opt.* 1999. V. 18. №3. P. 189-198.
- [13] J.A.R. Williams, I. Bennion, K. Sugden, N.J. Doran, "Fibre dispersion compensation using a chirped in-fibre Bragg grating", *Electronics Letters*, Vol. 30,985-986,1994.

- [14] J. Azana, L.R. Chen, "Synthesis of temporal optical waveforms by fiber Bragg gratings: a new approach based on space-to-frequency-to-time mapping", *J.Opt. Soc. Am. B*, Vol. 19, No. 11, 2758-2769, 2002.
- [15] A.M. Vengsarkar, J.R. Pedrazzani, J.B. Judkins, P.J. Lemaire, N.S. Bergano, C.R. Davidson, "Long-period fiber-grating-based gain equalizers". *Optics Letters*, Vol. 21, No. 5, pp. 336-338, 1996.
- [16] V.N. Protopopov, V.I. Karpov, O.I. Medvedkov, S.A. Vasiliev, M.V. Grekov, E.M. Dianov, S.P. Palto, "Temperature sensor based on fiber Bragg grating". *Proceedings of SPIE*, 4083 'Advances in Fiber Optics', edited by E.M. Dianov, 224-228, 2000.
- [17] J.-L. Archambault, S. G. Grubb, "Fiber Gratings in lasers and amplifiers", *J. Lightwave Technol.*, 15 (8), pp. 1378-1390, 1997
- [18] A.D. Kersey, M.A. Davis, H.J. Patrick, M. LeBlanc, K.P. Koo, C.G. Askins, M.A. Putnam, E.J. Friebele, "Fiber grating sensors". *J. Lightwave Technol.*, Vol. 15, No. 8, 1442-1463, 1997.
- [19] F. Bilodeau, D. C. Johnson, S. Theriault, B. Malo, J. Albert, K. O. Hill, "An all-fiber dense-wavelength multiplexer/demultiplexer using photoimprinted Bragg gratings", *IEEE Photonics Technology Letters*, Vol. 7, No. 4, 388-390, 1995.
- [20] B. J. Eggleton et al. *Novel* waveguide structures for enhanced fiber grating devices // *IEEE J. Sel. Top. Quantum Electron.* 2001. V. 7. №3. P. 409-424.

Кашаганова Г.Б., Калижанова А.У., Амиргалиева С.Н., Ахметов С.С., Айткулов Ж.С.

Талшықты брэгг торларын дайындаудың заманауи технологиялары мен олардың негізгі параметрлері

Резюме. Мақалада талшықты Брэгг торларының ең маңызды қасиеттері мен сипаттамаларына қысқаша шолу берілген. Олардың дайындау әдістері мен қолдану салалары сипатталған. ТБТ – сыну көрсеткіші талшық ұзындығы бойымен периодты өзгертін оптикалық талшықтың кесіндісі. Сыну көрсеткішінің өзгеруі ТБТ жаңа түрлерін модельдеуге мүмкіндік береді.

Кілттік сөздер. оптикалық талшық, талшықты Брэгг тор, фаза маска әдісі, интерферометр әдісі, кадамдық әдіс.

Kashaganova G., Kalizhanova A.U., Amirgaliyeva S.N., Akhmetov S.S., Aitkulov Zh.S.

Modern technologies of fiber bragg gratings production and their critical parameters

Summary. This article covers a short review of the most important features and characteristics of fiber Bragg gratings (FBG). Basic production methods and application fields are described there. A fiber Bragg grating is a type of distributed Bragg reflector constructed in a short segment of optical fiber that reflects particular wavelengths of light and transmits all others. These changes of the reflective index pattern a Bragg grating structure. The basic method of FBG creation is the following – a fiber is exposed to the intense ultraviolet radiation by means of usage an interference pattern, which period is equal to a period of the grating to be created.

Key words: optical fiber, fiber Bragg grating, interference methods, photomask method, point-to-point method.

УДК 622.276.72

Т. Zhakypkyzy, B. Zh. Bektibay, Zh. K. Shortanbayeva

(al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan. E-mail: tolkyn_j@mail.ru)

ADVANTAGES OF LEAN TECHNOLOGY

Abstract. In this article, the main stages of improving the quality management in Japan are analyzed. Quality management is considered as a process, the core of which is the quality of products, including the implementation of the principle of the participation of all personnel in the quality management system. Thus, the introduction and development of QMS contributes to the fact that enterprises will always be at the height of a competitive market.

Keywords: LEAN technology, Kaizen, lean manufacturing, control technology, loss reduction, warehousing.

Т. Жақыпқызы, Б.Ж. Бектібай, Ж.К. Шортанбаева

(әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Физика-техникалық факультет,
Алматы, Қазақстан. Е-майл: tolkyn_j@mail.ru)

LEAN-ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ АРТЫҚШЫЛЫҚТАРЫ

Аңдатпа. Осы мақалада LEAN-технологиясын қолдана отырып, қоймалық қызметті жетілдіруге бағытталған ұсыныстар қарастырылады. Ұсыныстарды жүзеге асыру арқылы ұйым көрсеткіштерін арттыруға, қоймадағы үрдістердің логистикалық басқарылу деңгейін арттыруға, бәсекелестер алдында артықшылықтарға ие болуға және нарықта өз позициясын одан әрі нығайтуға мүмкіндік алады.

Түйін сөздер: LEAN-технологиясы, Кайдзен, үнемді өндіріс, басқару технологиясы, шығынды азайту, қоймалық қызмет.

Қазіргі таңда, өндірістік кәсіпорындар ғана емес, сонымен қатар қызмет көрсету саласы, соның ішінде қоймалық қызмет те заманауи ұйымдастыру, заманауи технология және білікті мамандарды қажет етеді.

Қойма жұмысын оптимизациялау, шығынның түрлерін азайту үшін көптеген компаниялар Lean Production жүйесін зерттеп және ендіріп келеді. Үнемді өндіріс (Бережливое производство) менеджмент дамуындағы жаңа бағыт болып табылады. Жалпы алғанда, Lean – өндірістік және басқа да қызметтегі артық шығындарды азайтатын және жоюға әдіс құралдардан тұрады.

Бүгінгі таңда осы тұжырымдаманы сәтті ендіруге деген қызығушылық тек өндірістік аймақта ғана емес, басқа да кәсіпорындарда артып отыр, мысалы қоймада. Үнемді қоймалық қызмет қоймалық операциялар мен тапсырысты өңдеу жүйесінің жақсаруымен, қорлардың деңгейін тұрақтандырумен және басқа да жақсартулармен байланысты. Қоймалық операцияларды оптимизациялау компанияға тиімді және икемді болу арқылы бәсекелестікті арттыруға мүмкіндік береді.

Көптеген компаниялар қойма жұмысын оңтайландыруды қалай қамтамасыз ете аламыз, іс әрекеттерді қалай азайтып, қалай шығындарды жою аламыз деген сұрақтарға жауап іздеуде. Бұл үшін Lean құралдары бар, дегенмен барлық ұйымдар бұл құралдардың қайсысын, қашан және қалай қолдану керек екендігін біле бермейді. Осыған орай, келтірілген зерттеу осы сұрақтарға жауап алуға көмектеседі.

Зерттеу жұмыстың мақсаты- Lean-технологиясы көмегімен нақты компания мысалында үрдістерді жақсарту әдістерін іздеу болып табылады.

Зерттеу барысында қойылған мақсатқа жету үшін, келесі міндеттерді шешу керек:

1. Қоймадағы логистикалық үрдістердің теориялық негізін анықтау;
2. Аталмыш компанияға қысқаша мінездеме беру;
3. Ұйымның қоймалық қызметін зерттеу;
4. Компания қоймасындағы үрдістерді Lean-құралдарының қайсысы жақсарту алатындығын анықтау;
5. Қоймалық қызметті жақсарту үшін Lean-технологиясын ендіру бойынша ұсыныстар жасау.

Үнемді өндіріс ұғымы және мәні

Соңғы жылдары шетелдік және ресейлік компаниялар өндірістеріне түрлі Lean-технологияларын сәтті ендіруде. «Үнемді өндіріс» (LeanProduction) терминін алғаш рет Джон Крафчик ендірі, ол бұл терминді Toyota фирмасында жапондық автомобильдер өндірісінің типине мінездеме беру үшін қолданды және бұл кәсіби ортада тез таралып, атақты болып кетті. Жалпы бұл термин өндірістік үрдістердің кез келген шығындарын жоюға негізделген болатын.

Үнемді өндіріс– бұл менеджмент концепциясы, яғни нарыққа максималды негізделген бизнес үрдістерді оңтайландыруға бағытталған және мұнда әрбір жұмысшыны мотивациялау ескеріледі.

Өндірістің негізгі мақсаттары, бұлар:

- Артық шығындарды азайту;
- Жаңа өнім шығару мерзімін азайту;
- Тапсырыс берушіге өнімді жеткізу кепілдігі.

Алғашында Lean-жүйесін автомобильді қызмет саласында қолданған. Кейінірек үздіксіз өндіріс, сауда, қызмет көрсету саласы, денсаулық сақтау және мемлекеттік қызмет саласында да бұл тұжырымдаманы үйлестіріп қолдана бастады.

Көптеген компаниялар өздеріне Үнемді Өндіріс әдісін ендіруге қорқады, себебі оған кеткен қаржы өзін өтемейді деп ойлауы мүмкін. Бірақ бұлай ойлау қателік. Біріншіден бұл жүйе үлкен қаржыны талап етпейді, бұл тұжырымдамаға сәйкес күнделікті азғантайлап жақсарып дамып отыру қажет, ал бұл соңында міндетті түрде үнемділікке алып келеді және жалпы тиімділік көрсеткіштері де арта бастайды.

Бұл жүйені ендіруде түрлі әдіс құралдарды қолдануға болады. Атап айтқанда, үнемді өндіріс концепциясын ұйымдарға нәтижелі қолдану жолында 5S, Канбан, Just-in-Time, картирование, стандарттау, визуализация, TPM (Total Productive Maintenance), Кайдзен секілді құралдарды қолдануға болады.

Кайдзен

Жапонша «Кайдзен» сөзі үнемі жақсарып отыру деген мағынаны білдіреді. Кайдзен жүйесі ғылыми тәсілге негізделген: бірінші өндірістің жеке үрдіс элементтеріне талдау жүргізу қажет, содан кейін оларды жақсарту әдістерін жасау қажет. Үнемді өндіріс толығымен Кайдзен идеяларына енген, бұл дегеніміз үлкен емес, жай қадаммен және кезекті өзгертулер жүргізу. Бұларды тұрақты түрде жүргізіп отыру қажет, себебі жалпы өндірісте жағымды нәтижені сезу үшін қажет.

Компанияда үнемі жақсарту бағдарламасын жүргізуді бастамас бұрын, ең байқалматын өзгертулердің өзі ауқымды нәтижеге алып келуі мүмкін екендігін нық түсіну қажет. Сонымен қатар үнемді өндірістің барлық құралдары Кайдзен жүйесінде қамтылған.

Бұл жүйені ендіру әрбір операцияны жүргізуде жауаптылықты және жеткілікті уақыт мөлшерін талап етеді. Құндылықты құратын ағын – бұл өнімді жасау мен тұтынушыға жеткізу арасындағы барлық іс әрекеттер болып табылады. Операциялар мен үрдістердің орындалуын жақсарту арқылы біз «құндылықты қосу» мен «шығындарды жою» сияқты белгілерді бақылай аламыз.

Барлық операцияларды тұтас талдап шыққаннан кейін, кайдзен-топ жұмысын ұйымдастыруды бастауға болады. Кайдзен-топ үнемді өндіріс пен компанияны үздіксіз жетілдіруде өте маңызды роль атқарады. Әріптестермен бір топта жұмыс жасай отырып, үрдістер мен операциялардағы мықты және әлсіз жақтарды анықтауға болады. Өндіріс үрдістеріндегі туындайтын проблемаларды талдау әр түрлі өндірістік учаскелердегі жұмыстардың ерекшелігін анықтауға және жақсы түсінуге көмектеседі. Бұдан бөлек, топтар өзекті сұрақтарды шешуге мүмкіндік береді және үрдістер мен операцияларды жақсарту бойынша идеяларды жасауға мүмкіндік береді.

Кайдзен жүйесінің негізгі артықшылықтарына тоқталып кетсем:

1. Тұрақты жақсартулар жасырын шығындарды азайтуға көмектеседі.
2. Кайдзен құндылық қосатын жұмыстарды арттырады.
3. Нақты учаскелердегі өзгертулерді тез және белсенді ендіруді қамтамасыз етеді және өндірістің тоқтатылуын қажет етпейді.
4. Тоқтаулар мен артық әрекеттерді жоюға көмектеседі.
5. Жұмысты талдауға мүмкіндік береді және оның орындалуын жақсартады. Сонымен қатар идеялар беруге, бүкіл кәсіпорынның тиімділігін арттыруға мүмкіндік береді.
6. Өндірістік үрдістерді жетілдіруге мүмкіндік береді.

Өндірістік үрдістердегі шығындарды жою кезінде Кайдзен жүйесі бойынша жұмысшылардың саны азаймайды. Компания менеджерлері үнемді өндірістің артықшылықтары туралы жұмысшыларға түсіндіруге міндетті және кайдзен-бағдарламаға дұрыс қарым қатыныс орната білуі қажет. Сонымен қатар компанияны жетілдіру процесіне әрбір жұмысшы қызуғышылық танытуына және операцияларды жақсартуға ұмтылдыруға барлық жағдайлар жасалуы қажет.

Кәсіпорын директоры менеджерлерге жан-жақты көмек көрсетуі керек және іс-шаралардың жасалуына және жоспарлануына қатысуы қажет. Кәсіпорын директорының ең басты рөлі – кайдзен-топқа керекті көмек көрсете білу. Бұл бағдарламаның қатысушылары басшылық тарапынан қолдаудың бар екеніне сенімді болса, процестерге толығымен беріле алады. Ал үнемді өндіріс теориясында мұнда деп құндылығы жоқ шығын не қалдықтарды айтады.

Осылайша, Кайдзен – бұл жұмыс үрдістерінің жақсаруына алып келетін іс шаралар жиынтығы. Бұл әдістің басты мақсаты жұмысқа емес, «мұда»ға кететін жұмыс уақытын қысқарту, яғни ақыт шығынын қысқарту. «Мұда» аз болған сайын, жұмысшы күніне көбірек құндылық қоса алады. Сапаны басқарудың жапондық әдісі өндірісте, қоймалық қызметте, тұтас компанияның тиімділігін арттыра отырып елеулі нәтижелер береді.

Үнемді өндірістің жоғарыда келтірілген барлық әдістерін талдай отырып, барлық құралдар бір-бірімен тығыз байланысты деген қорытындыға келуге болады. Олардың тек біреуін қолдану максималды нәтижелер береді. Өзгерістер елеулі және ерекше сезілу үшін Lean production әдістерінің көбірек түрлерін ендіру қажет.

Қоймада Lean жүйесін ендіру қарқыны туралы айтқанда, компания мәдениеті мен құрылымын бір күнде өзгерту мүмкін емес екендігін түсіну маңызды.

Кайдзен үздіксіз жақсару тұжырымдамасы негізінде қойма жұмысын арттыру негізгі мақсат болғандықтан, келесі міндеттерді анықтап алған жөн:

• Физико-математические науки

1. Оқу жүргізу;
2. Қызметкерлерді Кайдзенге қызықтыру;
3. Жақсартулар жүргізу.

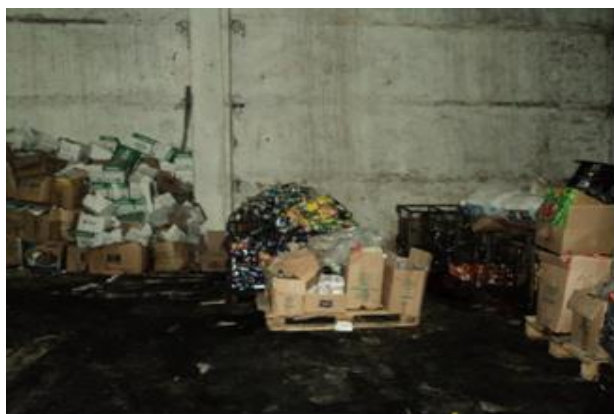
Қызметкерлерді Кайдзенге қызықтыру – бұл компания топ-менеджерлері кайдзен-команда құрамына кіреді және мақсатымыздың жүзеге асырылуына әсер етеді. Қойма қызметкерлері оқытылған және күннен-күнге жақсартуларға белсенділік танытып отыруы қажет, дегенмен бастапқы кезеңдерде идеяларды ендіруде қарсылық танытқандары да болады. Жұмыс орындарында оқытулар жүргізу мен қызметкерлерді мотивациялау жақсы нәтижелерге жетуге көмектеседі.

Бастапқы этапта келесі әрекеттер жүргізілді:

1. Ағымдағы жағдайды талдау;
2. Проблемаларды талдау;
3. Ис-қимыл жоспарын құру.

Негізгі идея мынада болады: қоймалық қызмет көрсету үрдістерінде проблемалық жерлерді тауып және оларды жақсартуға ұмтылу.

Кайдзенге дейін



Кайдзеннен кейін



1-сурет

Алдымен тұтынушыны және оның құндылықтарын анықтап алу керек. Содан сол құндылықтарға әсер ететін негізгі үрдістерді анықтап алған жөн, біздің жағдайда бұлар:

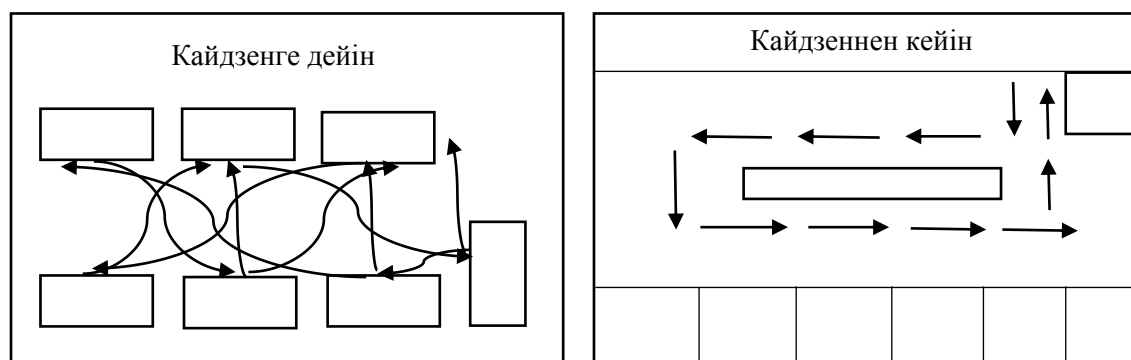
1. тауарды қабылдау және түсіру;
2. тауарды сақтау;
3. тауарды жөнелту.

Негізгі үрдістерді зерттеу барысында, Lean-құралдарын негізге ала отырып бірқатар ұсыныстарды іріктеуге болады:

1-кесте. Тауарды қабылдау үрдісін жақсарту идеялары

Этап 1. Қабылдау					
№	Процестер	Проблема /кемшіліктер	Мақсаты	Мәселенің себептері	Себептерді жоюға бағытталған идеялар
1	Вагонды қою	Вагонның тұрып қалуы	Тұрып қалуды азайту	Вагондарды бір уақытта қою	Әсер ету мүмкін емес
2	Комиссияны ұйымдастыру	Күту	Жою	Келіспеушілік	Механизм жасап дайындау және онымен келісу
3	Қондырғыларды дайындау	Күту, ақаулар	Жою	Жұмыс инструкциясының болмауы	Жүк тиеуші/карщиктерге арналған ақаулары сипатталған жұмысшы инструкциясын дайындау. Ақауы бар және ақаусыз паллеттерге арналған аймақтарды белгілеу.
		Траптардың кемшілігі	Қажетті санымен қамтамасыз ету	Траптардың қажетті санының жетіспеушілігі	Еки дана трап дайындау
		Вагонды түіру кезінде уақыттың жоғалуы	Жою	Еңбекті тиімсіз ұйымдастырылуы	Жұмысшы жүктемесін біркелкі бөлу.
4	Паллеттеу және сапа мен санын бақылау	Күту	Жою	Еңбекті тиімсіз ұйымдастырылуы	Ритмдік жұмысты қамтамасыз ету және қойманы нақты аймақтарға бөлу.
5	Тауарды қоймаға тасымалдау және ақауы бар тауарды тасымалдау	Тасымалдау	Жою	Еңбекті тиімсіз ұйымдастырылуы, жолдардың тегіс болмауы	1. Жүк тасымалдаушының жолын кескіндеу 2. Аймақтарды визуализациялау 3. Қозғалыс аймақтарын жөндеу 4. Жүк тасымалдаушыларға инструкция дайындау 5. Оқыту инструктажын дайындау

Төменде қойма схемасы келтірілген және онда тауар жинаушының жүріп өту жолы мен оны өзгерту жоспары көрсетілген:



2-сурет. Қойманы тиімді ұйымдастыру жоспары

Lean концепциясын жүзеге асырғанда алынатын нәтижелерді белгілі бір уақыт мерзімі өткеннен кейін ғана көре аламыз. Тапсырыстың орындалу жылдамдығының артуы, қорлар деңгейінің азаюы, шығындардың азаюы– мұның барлығын үнемді өндіріс ендірілуінің нәтижесі ретінде байқаймыз.

Зерттеу барысында компания мәліметтері талданып, Lean құралдарына қатысты бірқатар ұсыныстар дайындалды. Зерттеу нәтижесіне сүйене отырып, қойманың негізгі процесстерін жан жақты қарастырып, ондағы бар мәселелерді анықтап және ол проблеманың шығу себебі мен оны жоюға, қайта болдырмауға бағытталған идеялар ұсынылды. Егер сол ұсыныстарды дер кезінде жүзеге асырақ, бірқатар нәтижелерге жетуге болады. Бұдан бөлек, жаңа жүйе қойма жұмысының жалпы жақсаруына, қорлардың оңтайлануына және қызметкерлер жұмысының жүйеленуіне көмектеседі. Сондықтан үнемді өндіріс құралдарын жүзеге асыру компания үшін өте тиімді.

Қорытындылай келе, компания Lean концепциясын жүзеге асыру нәтижесінде:

- 1) тапсырысты орындау уақыты 15%-ға қысқарды;
- 2) жалпыпроцестердің саны 1 процеске кеміді;
- 3) жұмыс уақыты 1 сағат 20 минутқа қысқарды;
- 4) күнделікті кейстерге деген қажеттілік 28%-ға кеміді;
- 5) процесс тиімділігі 5%-ға артты.

Бұл компания үшін өте жақсы көрсеткіш болып саналады, дегенмен компания Lean технологиясы көмегімен бұдан да жоғарғы көреткіштерге жетуді жоспарлап отыр.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Blomqvist T. A warehouse design framework for order processing and materials handling improvement. — 2010.
- [2] Bragg S.M. Just-in-time accounting: how to decrease costs and increase efficiency. — 2009.
- [3] Dulhai G. The 5S strategy for continuous improvement of the manufacturing processes in autocar exhaust. Management&Marketing. — 2008.
- [4] Frank C.G. Applying Lean Concepts in a Warehouse Operation. — 2012.
- [5] Hirano H. JIT Implementation Manual: The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing. — 2009 — 128 p.
- [6] Steward J. The Toyota Kaizen Continuum: A Practical Guide to Implementing Lean. AuerbachPublications. — 2012.
- [7] Lai K., Cheng T.C.E. Just-in-Time Logistics. — Gower Publishing Company, 2009. — 206 p.
- [8] Tostar M., Karlsson P. Lean Warehousing: Gaining from Lean thinking in Warehousing. — 2008.
- [9] Elbert M. Lean Production for Small Company. — ProductivityPress, 2013.
- [10] Mulcahy D. Warehouse Distribution and Operations Handbook. — **McGraw Hill**, 2008.
- [11] **Болтрукевич В., Попенко И.** Канбан для рабочих / Пер. с англ. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2007. — 136 стр. - ISBN 978-5-903148-21-9
- [12] **Болтрукевич В., Попенко И.** 5S для рабочих: как улучшить свое рабочее место / Пер. с П-999 англ. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2007. — 168 с. - ISBN: 978-5-903148-14-1
- [13] **Болтрукевич В., Попенко И.** Кайдзен для рабочих / Пер. с англ. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2007. — 152 стр. - ISBN 978-5-903148-21-9
- [14] **Болтрукевич В., Попенко И.** «Точно во время» для рабочих / Пер. с англ. — М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2007. — 112 стр. - ISBN 5-903148-02-6
- [15] Уильям Л. Офис-кайдзен. Преобразование офисных операций в стратегическое преимущество / Пер. с англ. - Издательство: "Гревцов Паблишер" 2009. - 199 с.

Жакыпкызы Т., Бектибай Б.Ж., Шортанбаева Ж.К.

Преимущества LEAN -технологии

Резюме. В данной статье рассматриваются рекомендации по улучшению складского обслуживания с применением LEAN-технологий. При использовании мероприятий по улучшению, организация имеет все возможности улучшить свои показатели, повысить уровень управления логистическим процессом на складе, получить преимущества перед конкурентами, а также еще больше укрепить свои позиции на рынке.

Ключевые слова: LEAN-технология, Кайдзен, бережливое производство, технология управления, сокращение потерь, складское обслуживание.

Zhakykyzy T., Bektibay B.Zh., Shortanbayeva Zh.K.

Advantages of lean technology

Abstract. In this article, the main stages of improving the quality management in Japan are analyzed. Quality management is considered as a process, the core of which is the quality of products, including the implementation of the

principle of the participation of all personnel in the quality management system. Thus, the introduction and development of QMS contributes to the fact that enterprises will always be at the height of a competitive market.

Keywords: LEAN technology, Kaizen, lean manufacturing, control technology, loss reduction, warehousing.

УДК 519.876.2(043)

M.N. Kalimoldayev K.Kuspanova

THE SOLUTION OF THE FILTRATION PROBLEM ON THE EXAMPLE OF MULTIPLATE SYSTEMS

Abstract. In this paper, we consider a mathematical model of the process of joint development of m hydrodynamic non-bonded oil-bearing strata lying on one area and opened with the help of the same production wells. A numerical solution of this problem is given. The program implementation of the model, which is performed on the basis of Visual C ++, provides the interactive mode of input of initial information and provides the possibility of graphical interpretation of calculation results.

Keywords: mathematical model, filtration, multi-layer system

М.Н. Калимолдаев, К.Куспанова

(Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, mnk@ipic.kz.)

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ НА ПРИМЕРЕ МНОГОПЛАСТОВЫХ СИСТЕМ

Аннотация. В данной статье рассматривается математическая модель процесса совместной разработки m гидродинамических несвязных нефтеносных пластов, залегающих на одной площади и вскрытых при помощи одних и тех же эксплуатационных скважин. Приводится численное решение данной задачи. Приведена программная реализация модели, которая выполнена на основе Visual C++, в программе организован диалоговый режим ввода исходной информация и предусмотрена возможность графической интерпретации результатов расчета.

Ключевые слова: математическая модель, фильтрация, многопластовая система

Введение. Одной из отличительных особенностей поддержания и наращивания объемов добычи Казахской нефти является разработка месторождений высоковязкой нефти, к которым относится рассматриваемое месторождение Кенбай, в частности участки Молдабек Восточный и Котырмас Северный. Специалисты оценивают суммарный объем такой нефти в мире свыше 810 млрд. тн. Для эффективной разработки данных месторождений применяют такие виды воздействия на пласт, как полимерное заводнение, физико-химические и микробиологические виды воздействия, а также тепловые методы, в том числе внутрискважинное горение, термогазовый метод, паротепловое воздействие и закачка горячей воды.

Известно, что основной задачей в теории и практике управления в классе объектов с непрерывной технологией является разработка и создание математической модели, на основе которой определяется структура и параметры системы управления, законы управления, а также выбор и обоснование применения технических средств реализации принятых законов.

Развитие методов математического моделирования сложных фильтрационных процессов в продуктивных пластах в настоящее время идёт по двум направлениям:

1. Разработка корректно поставленных моделей, учитывающих законы фильтрации жидкостей в пористых средах;

2. Разработка некорректно поставленных моделей по упрощенным схемам фильтрации.

Первое направление приводит к необходимости решения сложных пространственных задач многокомпонентной фильтрации в эффективных пластах, с последующей реализацией численными методами.

Второе – предусматривает использование инженерных моделей расчета внутрискважинных процессов, получаемых в результате ряда упрощающих предположений, типа схемы модели пористой среды (рисунок 1).

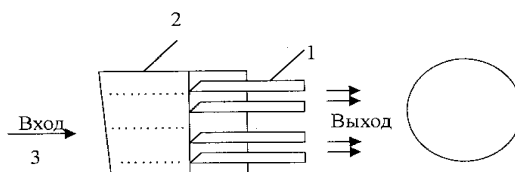


Рис.1. 1 – выходы из модели пористой среды; 2 – пористая среда; 3 – вход в пористую среду

В современной практике инженерии знаний, или так называемых современных информационных технологий, принято использование второго направления. Разработка и создание математических моделей технологических процессов, в том числе моделей фильтрации жидкости в пористой среде с учетом интерференции скважин, является актуальной проблемой.

В практике проектирования и анализа разработки широко распространены инженерные или полуинженерные модели расчета внутрипластовых процессов, получаемые из тех же математических постановок задач в результате ряда упрощающих предположений и физических допущений, то есть некорректно поставленные задачи. Обладая свойством простой и быстрой реализуемости, инженерные модели описывают процессы в пласте с достаточной для решения практических задач точностью.

В настоящее время на основе теории системного анализа сформулированы условия оптимальности программного управления (задачи анализа), сравнительно полно исследованы условия технологических объектов, описываемых уравнениями в частных производных параболического и гиперболического типов, разработан ряд численных методов их решения.

Основной задачей теории и практики управления является построение математической модели объекта, т.е. формализация закономерностей функционирования объекта, на основе которой определяются структура и параметры системы, закон управления, выбираются технические средства реализации. При этом важное значение имеют математические модели объектов и процессов при создании системы управления, а также при изучении закономерностей изменения физических и химических процессов функционирования объекта. Это связано с повышением роли математического моделирования и проведением вычислительного эксперимента для открытия этих закономерностей и изучения сложных явлений.

В большинстве случаев в динамических процессах являются известными данные, связанные с их конструированием, а также основные качественные зависимости протекания этих процессов. В таких случаях необходимо построить математическую модель объекта управления на основе входных и выходных переменных в условиях их нормального функционирования. Однако многие технологические объекты являются нелинейными и получение адекватных моделей для них весьма затруднительно.

Проблема построения математической модели нелинейного объекта представляет собой довольно трудоемкий процесс, включающий этапы выбора законов изменения состояния системы, разработку методов, построение алгоритмов с учетом возможностей вычислительных средств, первичной обработки результатов измерений, получения оценок характеристик модели, анализа этих оценок, проведение вычислительных экспериментов и проверку степени адекватности модели реальному объекту.

Разработанная сравнительно недавно структурная теория распределенных систем дает возможность изучить поведение объектов по их математическим моделям [1]. В этой связи возникает необходимость разработки эффективных методов построения этих моделей и, в первую очередь, методов идентификации, т.е. построение моделей объектов путем обработки входных и выходных данных.

В последние годы широко распространены статистические методы математического моделирования производственных процессов по данным нормального функционирования объектов. Эти методы разработаны главным образом для одно- и многомерных объектов с сосредоточенными параметрами. В некоторых работах рассмотрены вопросы статистической динамики случайных полей. Однако в целом статистические методы математического моделирования систем с распределенными параметрами разработаны недостаточно, хотя статистический подход к этим системам, по крайней мере в стадии моделирования, является более обоснованным и более целесообразным, чем к системам с сосредоточенными параметрами.

При статистическом подходе конкретные гидродинамические процессы, протекающие в объекте, рассматриваются как взаимодействие случайных процессов и полей. При небольших

возмущениях, характерных для нормального функционирования, многие объекты можно рассматривать как стационарные и линейные.

В [2-9] рассматриваются статистические методы математического описания по данным нормального функционирования объектов. Выводятся соотношения, определяющие оценки операторов объекта, оптимальные в смысле критерия минимума среднего квадрата ошибки приближения и формулы для этой ошибки. Вводится функция множественной корреляции случайных процессов и полей.

В [8-10] на основе методов обобщенных стохастических характеристик строится стохастическая модель широкого класса систем, в которых определяющую роль играют фильтрационные и диффузионные процессы. Доказывается эквивалентность стохастической модели соответствующим уравнениям в частных производных.

В последнее время вопросы анализа функционирования и управления технологических систем, каковыми являются месторождения нефти и газа, интересуют специалистов как по механике и физике сплошных сред, так и по теории автоматического управления [3-11].

Нефтегазодобывающее предприятие на месторождении Кенбай является предприятием с непрерывным технологическим процессом и как объект проектирования и управления относится к классу больших систем. Оно характеризуется технико-экономической, технологической и геолого-промысловой общностью и следующими специфическими особенностями [2; 3; 9; 11-13]:

- скважины как источники добычи нефти и газа расположены на больших расстояниях от объектов сбора, подготовки и транспорта нефти и газа;
- технологические объекты "пласт – скважина – промысловое оборудование – нефтегазопровод – потребитель" – единая неразрывная система;
- газовые и нефтяные пласты характеризуются изменяющейся производительностью (нарастающая, постоянная и падающая добычи);
- в процессе эксплуатации объект добычи и транспорта газа постоянно меняет свое состояние;
- технологические режимы для определения возможностей объекта добычи изменяются во времени;
- разработка и анализ объекта добычи нефти и газа предопределяются как первоначальной, так и текущей геолого-промысловой технологической и технико-экономической информацией.

В подсистему разработки нефтяного и газового месторождений включается следующая часть общего процесса добычи – последовательность физических процессов фильтрации газа, конденсата, воды в пористом проницаемом пласте и движение этих компонентов по скважинам.

Разработку месторождения нефти и газа можно рассматривать как динамическую систему, в которой под действием входных переменных (технологические режимы работы скважин) происходят изменения выходных переменных (запасов газа, нефти в продуктивных пластах, пластового давления, производительности и мощности оборудования, температуры и давления нефти и газа).

Нефтяные и газовые месторождения как объекты моделирования и оптимизации характеризуются значительным количеством взаимосвязанных между собой гидродинамических, технологических и экономических параметров, изменяющихся в процессе управления системой.

Анализ работ [1-3; 6-14] позволяет сделать вывод о том, что, несмотря на определенные достигнутые успехи по разработке, множество математических моделей, методов, алгоритмов и программных средств по мере их подготовленности вошли в различные математические и информационные обеспечения АСУ, АСУ ТП и САПР разработки нефтяных и газовых месторождений. Однако эти системы не привели к радикальному повышению эффективности прогнозирования, регулирования и управлению объектами добычи нефти и газа, несмотря на то, что нефтегазовая промышленность – одна из самых оснащенных вычислительной техникой отраслей, которая имеет все условия для полной автоматизации проектирования и управления технологическими процессами, в частности процессом разработки нефтегазовых месторождений. На начальном этапе были изучены структурные особенности аналогичных автоматизированных систем ведущих в технологическом плане стран мира (В частности «Тайгресс», «Продакшн аналит», «СКАД», «САПР» и т.д.). Исходя из функциональных возможностей специалистов нефтегазодобывающей промышленности были созданы отдельные автоматизированные рабочие места (АРМ-ы). В частности, АРМ – 1 – разработчика; АРМ – 2 – диспетчера; АРМ – 3 – геолога; АРМ – 4 – технолога и т.д. Причем каждый АРМ образует подсистему целой автоматизированной

системы. Сама система первоначально называлась «ИСАР» - информационная система анализа, контроля и прогноза нефтегазовых месторождений.

В связи с широким применением средств компьютерной техники сложилась вполне определенная технологическая цепочка расчета конкретных задач механики сплошной среды, в том числе и задач фильтрации многофазных жидкостей. Схематически эта цепочка выглядит следующим образом: от изучаемого объекта или явления к его математической модели, далее, к численному алгоритму, программе, реализующий этот алгоритм и, наконец, к анализу полученных результатов. Все звенья этой цепочки не являются изолированными, а взаимосвязаны, в том числе и обратными связями.

Инженерная оценка паротеплового вытеснения (ПТВ) часто основывается на упрощенном математическом описании нагрева пласта закачкой горячего флюида, представленном Марксом и Лангенхеймом и впоследствии усовершенствованном Мандлем и Волеком. Эта теория была объединена в дальнейшем с простыми условиями фильтрации флюидов для того, чтобы определить темпы отпора нефти в одномерных пластах. Для того, чтобы учесть важные эффекты гравитационного подъема пара в трехмерном пространстве Неуман и Лукерон, применяя различные подходы, вывели простые аналитические формулы для расчета процесса ПТВ в трехмерных пластах.

Большое количество исследователей также концентрировали внимание на разработке достоверных численных моделей. Для одно- и двухмерного потока Шатлером были разработаны трехфазные численные модели; Абдаллой и Коатсом и Вейпстейном и др. для трехмерного потока. Последние две модели учитывают также дистилляцию нефти паром. Дополняющие физические модели, всесторонние численные модели нашли первичное применение в качестве инструментов исследования, в оптимизации и проектировании и в оценке и развитии простых математических моделей. С другой стороны, первичная применимость аналитических моделей лежит в их обычном использовании, как помощь в инженерном проектировании. В контексте определения общих аспектов процесса (т.е. распространения зоны пара) использование надежной аналитической модели может быть более приемлемо, чем использование высокосложных и дорогих численных моделей.

Анализ закачки и давления воды для ППД по месторождению Кенбай показывает, что при уменьшении объема суточной закачки происходит резкое падение добычи жидкости. Увеличение объема закачки воды повышает с длительностью в 3-8 дней общую добычу жидкости, что обусловлено сложностью геологического строения, литологической изменчивостью продуктивных горизонтов по площади и по разрезу, сложными физико-химическими свойствами добываемой нефти с высокой кинематической вязкостью (до 1876 мД/с). Неравномерная общая закачка воды сказывается на объеме добычи жидкости и соответственно нефти.

Постановка задачи

Рассмотрим математическую модель процесса совместной разработки m гидродинамических несвязных нефтеносных пластов, залегающих на одной площади и вскрытых при помощи одних и тех же эксплуатационных скважин. Как правило, мощности пластов пренебрежительно малы по сравнению с их протяженностью. В таком случае движение нефти в каждом пропластке многопластовой системы можно считать подчиняющимися уравнению фильтрации упругой жидкости:

$$\beta_i \frac{\partial u_i}{\partial t} = x^{-s} \frac{\partial}{\partial x} \left(x^s \frac{k_i}{\mu} \frac{\partial u}{\partial x} \right), x \in (r, R_i), t \in (0, T], i = \overline{1, m} \quad (1)$$

Здесь нижний индекс i указывает номер пласта; u_i, R_i - давление нефти и протяженность в i -м пласте; μ - вязкость нефти; β_i, k_i - совместная упруго-емкость нефтенасыщенной пористой среды и проницаемость; $s=0$ соответствует плоскопараллельному потоку, а $s=1$ - осесимметричному.

Начальные условия:

$$u_i(x, 0) = u_{oi}(x), x \in [r, R_i], i = \overline{1, m} \quad (2)$$

На эксплуатационной галерее ($s=0$) или скважине ($s=1$) задан суммарный дебит

$$\sum_{i=1}^m \frac{k_i}{\mu} H_i L \frac{\partial u_i(r, t)}{\partial x} = Q(t), t \in (0, T] \quad (3)$$

и условие равенства забойных давлений

$$u_i(r, t) = u_*(t), t \in (0, T], i = \overline{1, m} \quad (4)$$

где H_i – мощность i -го пласта,

$$L = \begin{cases} l, s = 0 \\ 2\pi r, s = 1 \end{cases}$$

Таким образом, дебит каждого пласта подлежит определению.

На внешних границах пластов зададим условие не протекания:

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} = 0, \quad x = R_i, \quad t \in (0, T], \quad i = \overline{1, m} \quad (5)$$

Предположим, что краевая задача (1)-(5) поставлена корректно.

Численное решение

По пространственной переменной введем неравномерную сетку, сгущающуюся при приближении к эксплуатационной скважине:

$$\hat{\omega}_h = \{x_{i+1} = x_i + h_{i+1}, i = \overline{0, i-1}; x_0 = r, h_n \geq h_{n-1} \geq \dots \geq h_1 > 0\}$$

При этом все точки $x=R_k$ попадают в узел сетки с номером n_k , т.е. $x_{n_k} = R_k, k = \overline{1, m}$.

Следовательно, $n = \max_{k=\overline{1, m}} n_k$. Временная сетка также неравномерна, ее шаги тоже образуют неубывающую последовательность:

$$\overline{\omega}_\tau = \{t_j = t_{j-1} + \tau_j, j = \overline{1, j_0}; t_0 = 0, t_{j_0} = T; 0 < \tau_1 \leq \tau_2 \leq \dots \leq \tau_{j_0}\}$$

С помощью интегро-интерполяционного метода построения разностных схем уравнениям

$$a^{(s)}(t) \frac{du^{(s)}}{dt} + b^{(s)}(t, u^{(s)}) = 0$$

поставим в соответствии следующие системы разностных уравнений:

$$h_i c_{ki} \frac{y_{ki} - \tilde{y}_{ki}}{\tau_j} = a_{ki} \frac{y_{ki+1} - y_{ki}}{h_{i+1}} - a_{ki} \frac{y_{ki} - y_{ki-1}}{h_i}, \quad i = \overline{1, n_k - 1}, \quad t \in \omega_\tau, \quad k = \overline{1, m} \quad (6)$$

Здесь сеточные функции c_{ki} и a_{ki} есть шаблонные функционалы от коэффициентов $\beta_k x^s$ и $x^s \left(\frac{k}{\mu} \right)_k$ уравнения (6):

$$c_{ki} = \frac{1}{h_i} \int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} \beta_k x^s dx, i = \overline{1, n_k - 1}, t \in \omega_\tau, k = \overline{1, m}$$

$$a_{ki} = \left[\frac{1}{h_i} \int_{x_{i-1}}^{x_i} \frac{dx}{\left(\frac{k}{\mu}\right)_k x^s} \right]^{-1}, i = \overline{1, n_k}, t \in \omega_\tau, k = \overline{1, m} \quad (7)$$

Разностные аналоги начальных и граничных условий на внешних границах:

$$y_{ki}^0 = u_{0k}(x_i), i = \overline{0, n_k}, k = \overline{1, m} \quad (8)$$

$$\frac{h_{n_k}}{2} c_{kn_k} \frac{y_{kn_k} - \tilde{y}_{kn_k}}{\tau_j} = -a_{kn_k} \frac{y_{kn_k} - y_{kn_k-1}}{h_{n_k}}, t \in \omega_\tau, k = \overline{1, m} \quad (9)$$

где

$$c_{kn_k} = \frac{2}{h_{n_k}} \int_{x_{n_k-1/2}}^{R_k} \beta_k x^s dx, t \in \omega_\tau \quad (10)$$

На эксплуатационной галерее дискретные аналоги соотношений (8) и (9) соответственно имеют вид:

$$\sum_{k=1}^m h_0 c_{k0} H_k \frac{y_{k0} - \tilde{y}_{k0}}{\tau_j} = \sum_{k=1}^m H_k a_{k1} \frac{y_{k1} - y_{k0}}{h_1} - r \frac{Q}{L}, t \in \omega_\tau \quad (11)$$

$$y_{k0} = y_*, t \in \omega_\tau, k = \overline{1, m} \quad (12)$$

Разностная схема (6)-(7) является чисто неявной и обладает свойством монотонной устойчивости.

Рассмотрим переход от $(j-1)$ -го временного слоя на следующий j -й слой. Поскольку, неизвестные при различных k завязаны лишь нелокальным граничным условием (11), то для решения рассматриваемой системы разностных уравнений целесообразно пользоваться принципом суперпозиции.

Итак, неизвестные ищем в виде

$$y_{ki} = v_{ki} + y_* w_{ki}, i = \overline{0, n_k}, k = \overline{1, m}$$

Тогда, подставив это соотношение в уравнение (6) и (9), получаем классические разностные краевые задачи для вспомогательных сеточных функций v_{ki} и w_{ki} :

$$w_{k0} = 1$$

$$h_i c_{ki} \frac{w_{ki}}{\tau_j} = a_{ki+1} \frac{w_{ki+1} - w_{ki}}{h_{i+1}} - a_{ki} \frac{w_{ki} - w_{ki-1}}{h_i}, i = \overline{1, n_k - 1} \quad (13)$$

$$\frac{h_{n_k}}{2} c_{kn_k} \frac{w_{kn_k}}{\tau_j} = -a_{kn_k} \frac{w_{kn_k} - w_{kn_k-1}}{h_{n_k}}$$

$$v_{k0} = 0$$

$$h_i c_{ki} \frac{v_{ki} - \tilde{y}_{ki}}{\tau_j} = a_{ki+1} \frac{v_{ki+1} - v_{ki}}{h_{i+1}} - a_{ki} \frac{v_{ki} - v_{ki-1}}{h_i}, \quad i = \overline{1, n_k - 1} \quad (14)$$

$$\frac{h_{n_k}}{2} c_{kn_k} \frac{v_{kn_k} - \tilde{y}_{kn_k}}{\tau_j} = -a_{kn_k} \frac{v_{kn_k} - v_{kn_k-1}}{h_{n_k}}$$

Так как в этих уравнениях число Куранта очень большое, их следует решать одновременно с помощью потокового варианта алгоритма прогонки. После того как определены v_{ki} и w_{ki} , из разностного аналога граничного условия, задающего суммарный дебит, находим y^* :

$$y^*(t_j) = \frac{\frac{r^s}{L} Q(t_j) + \sum_{k=1}^m \left\{ h_0 c_{k0} \frac{\tilde{y}_{k0}}{\tau_j} + a_{k1} \frac{v_{k1}}{h_1} \right\} H_k}{\sum_{k=1}^m \left\{ c_{k0} \frac{h_0}{\tau_j} + a_{k1} \frac{1 - w_{k1}}{h_1} \right\} H_k} \quad (15)$$

Таким образом, неизвестные определяются схематически в порядке (13)-(14) $\rightarrow$ (15) $\rightarrow$ (12).

Результаты расчетов приведены на рисунках 2-5.

Тестовые примеры на расчет охлажденного температурного фронта пласта

Введите...	Значение
1. - m пористость породы	0,1
2. - m ₀ пористость корки	0,2
3. - k ₁ коэффициент фильтрации пласта	0,1
4. - k ₀ коэффициент фильтрации корки	1e-4
5. - β консистенцию пульпы (промывочной жидкости)	0,1
6. - β _ж коэффициент сжимаемости жидкости	0,00001
7. - β _{пл} коэффициент сжимаемости скелета среды	1,8
8. - P ₀ начальное пластовое давление	0,15
9. - ΔP	-8

Рис. 2. Очистка прискважинной зоны пласта

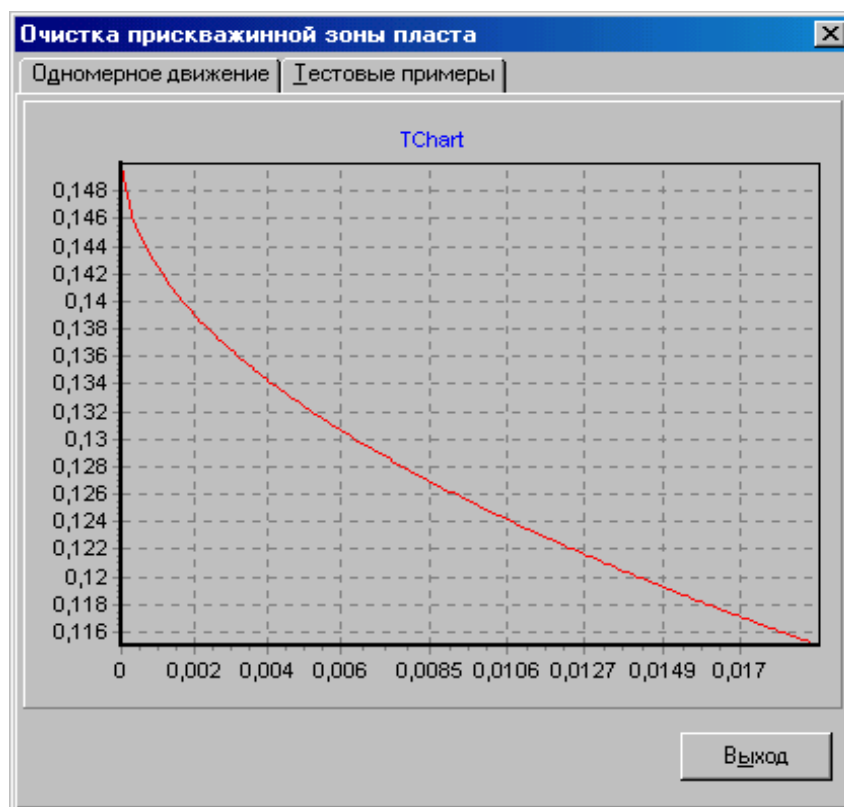


Рис.3. График давления
Тестовые примеры для расчета давления при очистке прискважинной зоны пласта

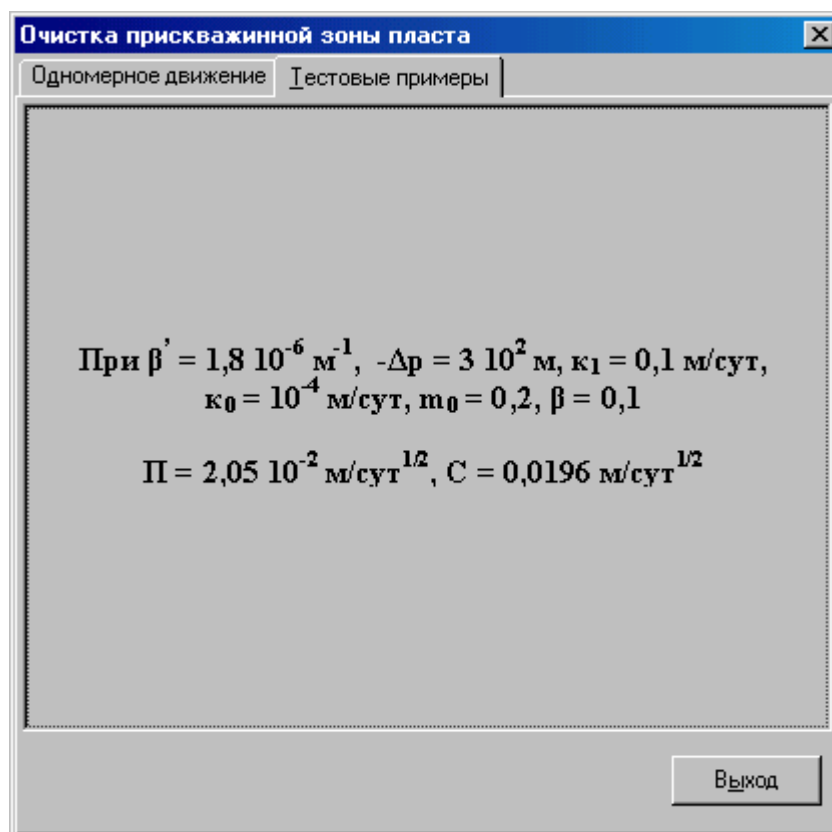


Рис. 4. Очистка прискважинной зоны пласта

Тестовые примеры					
Площади трещины, кв. м.	Эквивалентный радиус, м	Объем трещины, куб. м, при ширине			
		2 см	1 см	0,5 см	0,25 см
20	2,523	0,4	0,2	0,1	0,05
40	3,570	0,8	0,4	0,2	0,1
80	5,046	1,6	0,8	0,4	0,2
160	7,136	3,2	1,6	0,8	0,4
320	10,092	6,4	3,2	1,6	0,8
640	14,273	12,8	6,4	3,2	1,6

Рис.5. Тестовые примеры

Закключение. В данной статье рассмотрена математическая модель процесса совместной разработки m гидродинамических несвязных нефтеносных пластов, залегающих на одной площади и вскрытых при помощи одних и тех же эксплуатационных скважин. Решена задача фильтрации. Приведено численное решение данной задачи. Разработан программный комплекс для оценки изменения основных технологических показателей месторождения.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лейбензон Л.С. Нефтепромысловая механика. Ч.2: Подземная гидравлика воды, нефти и газа. – М.; Грозный; Л.; Новосибирск: Горногеолнефтеиздат, 1934. – 352 с.
- [2] Muskat M. The flow of homogeneous fluid through porous media. – N.Y.; London, 1937. – P. 763.
- [3] Wyckoff R.D. and Sotset H.F. The flow of gas – liquid mixtures through unconsolidated sands // Physics. – 1936. – Vol.7. – P. 67-78.
- [4] Leverett M.C. Flow of oil – water mixtures through unconsolidated sands // Trans. AIME. – 1939. – Vol. 132. – P. 45-54.
- [5] Muskat M. and Meres M. The flow heterogeneous fluids // Phisics. – 1937. – Vol. 9. – P. 37-48.
- [6] Leverett M.C. Capillary behavior in porous solids // Trans. AIME. – 1941. – Vol. 142. – P.152.
- [7] Маскет М. Физические основы технологии добычи нефти. – М.; Л.: Гостоптехиздат, 1953. – 603 с.
- [8] Эфрос Д.А. Определение относительных проницаемостей и функции распределения при вытеснении нефти водой // ДАН СССР. – 1956. – Т.110, №5. – С. 746 – 749.
- [9] Эфрос Д.А., Оноприенко В.П. Моделирование линейного вытеснения нефти водой // Тр. ВНИИ нефтегаз. – 1958. – Вып. XII. – С.331 – 360.
- [10] Кусаков М.М., Мекеницкая Л.И. О толщине тонких слоев связанной воды // Тр. МНИ. – 1956. – Вып. 16. – С.39-56.
- [11] Лютик Л.Б. Влияние смачивания на взаимное вытеснение двух несмешивающихся жидкостей // Тр. ВНИИ. – 1934. – Вып. XII. – С.56-65.
- [12] Пирвердян А.М. Вытеснение нефти водой из пористой среды // Тр. АзНИИ. Добыча нефти. – 1954. – Вып. I. – С. 269 – 285.
- [13] Шаховкин В.М. Объемная схема пористой среды // Тр. МНИ. – 1956. –Вып. 16. – С. 23 – 31.
- [14] Рыжик В.М. Обзор работ по взаимному вытеснению несмешивающихся жидкостей из пористой среды // Изв. АН СССР. Мех. и машиностр. – 1961. –№2. – С. 130 – 141.

Калимолдаев М.Н., Куспанова К.

Көптілді жүйелердің мысалында сүзу мәселесінің шешімі

Түйіндеме. Осы мақалада біз гидродинамикалық біріктірілмеген мұнай қабаттарының бір бөлігін бірлесіп игеру процесінің математикалық моделін қарастырамыз және бірдей өндірістік ұңғымалардың көмегімен ашамыз. Бұл мәселенің сандық шешімі берілген. Visual C ++-ға негізделген модельдің бағдарламалық қамтамасыз етуі ұсынылған. Бағдарлама бастапқы ақпаратты енгізудің диалогтық режимін қамтамасыз етеді және есептеу нәтижелерін графикалық түрде интерпретациялау мүмкіндігін береді.

Түйінді сөздер: математикалық модель, сүзгілеу, көп қабатты жүйе

Kalimoldayev M.N., Kuspanova K.

The solution of the filtration problem on the example of multiplate systems

Summary. In this paper, we consider a mathematical model of the process of joint development of m hydrodynamic non-bonded oil-bearing strata lying on one area and opened with the help of the same production wells. A numerical solution of this problem is given. The program implementation of the model, which is performed on the basis of Visual C ++, provides the interactive mode of input of initial information and provides the possibility of graphical interpretation of calculation results.

Keywords: mathematical model, filtration, multi-layer system

УДК 681.3

A.S. Boranbayev¹, S.N. Boranbayev², A.M. Nurusheva²

¹Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

²L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: ¹aboranbayev@nu.edu.kz, ²sbaranba@yandex.kz, ²nurusheva.assel@mail.ru

OPTIMAL ASSET REPLACEMENT IN THE MODELING OF ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL RENOVATION

Abstract: At present, significant results in the field of modeling of economic and technological renovation have been obtained. In this operation research, the most of the tasks with the assets (equipment, machines, etc.) replacement are deterministic and formulated on finite and infinite horizons of planning in discrete time. Also, the operation research uses continuous models, but mainly it is used for theoretical research. The paper examines the optimal replacement of assets in the modeling of economic and technological renovation. It is considered promising new ideas, procedures, approaches and methods which can be implemented in carrying out further research in the field of modeling of economic and technological renovation.

Keywords: Modeling, method, technological renovation, economic renovation, replacement.

А.С. Боранбаев¹, С.Н. Боранбаев², А.М. Нурушева²

(¹Nazarbayev University, Astana, Kazakhstan

²Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, **Казахстан**

E-mail: ¹aboranbayev@nu.edu.kz, ²sbaranba@yandex.kz, ²nurusheva.assel@mail.ru)

ОПТИМАЛЬНАЯ ЗАМЕНА АКТИВОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБНОВЛЕНИЯ

Аннотация: В исследовании операции большинство задач с заменой активов (оборудования, машин и др.) являются детерминистическими и сформулированы на бесконечных или конечных горизонтах планирования в дискретном времени. Также, в исследовании операции используются непрерывные модели, но в основном для теоретического исследования. В статье исследуется оптимальная замена активов при моделировании экономического и технологического обновления. Рассмотрено, какие перспективные новые идеи, процедуры, подходы и методы можно реализовать при проведении дальнейших исследований в области моделирования экономического и технологического обновления.

Ключевые слова: технологическое обновление, моделирование, метод, экономическое обновление, замена.

Введение. (Данная работа выполнена по гранту МОН РК, ИРН: AP05131784).

Задачи с заменой подразделяются на две основные категории: последовательная замена одной машины и параллельная замена нескольких экономически зависимых машин. Технологические и научные инновации приводят к появлению новых, более продуктивных типов активов и, чтобы конкурировать, фирма должна продавать старые активы и покупать новые, то есть фирма должна принять цепочку замещающих решений. Новые активы дешевле для данной функциональности, поэтому стоимость покупки и ликвидационная стоимость активов снижаются во времени, в то время как расходы на эксплуатацию и обслуживание старых активов возрастают из-за их ухудшения.

Целью данной работы является рассмотрение того, какие перспективные новые идеи, процедуры, подходы и методы можно реализовать при проведении дальнейших исследований в области моделирования экономического и технологического обновления.

Задачами данной работы являются:

- исследование оптимизации на первоначально неопределенном конечном горизонте и новый алгоритм замены;
- исследование дискретно-непрерывных задач замены;
- исследование оптимальной политики замены (срока службы активов) при технологических изменениях;
- исследование возможности построения модифицированных алгоритмов замены;
- рассмотрение сетевых эффектов;
- исследование неопределенности в данных технологических прогнозов.

В работе [1] разработана новая система моделирования непрерывного времени для процессов замены оборудования. Методика основана на модели математической экономики с возраст-зависимым капиталом. Анализ приводит к нетривиальным результатам, таким как магистральные свойства оптимального времени жизни оборудования. Анализируется переменный ресурс активов в задаче последовательной замены бесконечного горизонта в непрерывное время при технологических изменениях, и идентифицируются случаи, когда технологические изменения уменьшают или увеличивают оптимальный срок службы. Рассмотрена задача замены одной машины, которая сведена к нелинейному интегральному уравнению для переменного оптимального срока службы машины. Качественный анализ этого уравнения приводит к новым динамическим свойствам оптимальной замены. Исследуется рациональная замена вычислительных систем и получены способы расчета оптимального времени жизни таких систем, которые основаны на данных темпов технологических изменений в соответствующей компьютерной индустрии. Приведены два примера моделирования и оценки оптимального срока службы персональных компьютеров и высокопроизводительных компьютеров в современной экономике. Результаты хорошо согласуются с другими рекомендациями и существующей деловой практикой. Результаты в [2,3] посвящены оптимальной замене активов при непрерывных технологических изменениях и технологических инновациях (прорывы, технологические потрясения). Рассмотрена задача замены одного актива с бесконечным горизонтом, и изучена динамика оптимального срока службы активов, аналитически и численно, в случае одного и нескольких технологических прорывов. Показано, что оптимальное время жизни всегда меньше, когда новые капитальные затраты снижаются быстрее, или, когда затраты на обслуживание снижаются медленнее, или, когда затраты на обслуживание и новые капитальные затраты снижаются быстрее и с той же скоростью. Описывается проблема замены параллельных активов с технологическими прорывами в рамках моделей с возраст-зависимым капиталом типа Солоу. Демонстрируется, что оптимальные инвестиции равны нулю непосредственно перед технологическим прорывом (прямым прогнозом) и после него, и содержат набор интервалов с нулевой инвестицией (ожидаемые эхо) до момента прорыва.

Методы исследования. Рассмотрим какие перспективные новые идеи, процедуры, подходы и методы можно реализовать при проведения дальнейших исследования в области моделирования экономического и технологического обновления.

Оптимизация на первоначально неопределенном конечном горизонте и новый алгоритм замены. Общая новая идея исследования состоит в том, чтобы объединить бесконечный ряд в критериях оптимизации, теоретически проанализировать возникающую проблему оптимизации и построить модифицированный алгоритм замены. На практике данные никогда не известны на бесконечном горизонте. В [4] исследуются методы экономической жизни для замены по фиксированному конечному горизонту. В их формулировках длина горизонта определяется по соображениям управления (длина контракта и тому подобное). Перспективным является новый подход к исследованию, не использующий фиксированную длину горизонта, а определяющий первоначально неопределенный конечный горизонт с использованием доступных входных данных. Необходимые данные доступны в соответствующих ссылках и веб-страницах.

Дискретно-непрерывный анализ задач замены. Одной из задач исследования является разработка новой инновационной методологии для анализа замены машины при общих технологических изменениях. Математически, большинство моделей замены оборудования являются дискретными (или целочисленными) задачами программирования на основе допущений: время, срок

службы машин и количество машин являются дискретными. Ослабление некоторых из этих предположений (допущений) приводит к непрерывным задачам оптимального управления, исследованным в теории моделей с возраст-зависимым капиталом. Предварительные исследования показывают преимущества и силу дискретно-непрерывного анализа. Анализ апробирован по последовательным и параллельным задачам замены в непрерывное время. Этот этап демонстрирует новые перспективы, которые показывают, что непрерывный анализ может хорошо работать в задачах замены оборудования. Полученные качественные и количественные результаты обеспечивают новое понимание оптимальной политики замены. Перспективным является проведение исследований, связывающих дискретные и непрерывные подходы моделирования, численное тестирование метода на реальных данных отрасли и выявление сходства с известными моделями дискретного времени.

Исследование оптимальной политики замены (срока службы активов) при технологических изменениях. Динамическое программирование стало мощным и эффективным инструментом для численного моделирования замены оборудования. Однако качественные свойства рациональной замены активов при технологическом изменении слабо известны. Обсуждался даже вопрос о том, задерживает ли технологические изменения или ускоряет оптимальную замену. В [1] выводится уравнение для оптимального срока службы оборудования в непрерывной модели, которое показывает, что оптимальный срок службы оборудования может увеличиваться при технологических изменениях. Подобный парадокс объяснен в [5]. В [3] предлагается переменный оптимальный срок службы в модели дискретной замены и доказывается, что оптимальный срок службы уменьшается, когда цена оборудования уменьшается быстрее, чем эксплуатационные расходы. Аналогичные результаты были получены ранее для непрерывных моделей. В [6,7] исследуют непрерывные технологические изменения и показывают, что оптимальный срок службы оборудования обычно уменьшается при более интенсивных технологических изменениях. Является перспективным и представляет интерес проведение исследований при прерывистых технологических изменениях (технологических прорывах).

Построение модифицированных алгоритмов замены. Предварительный анализ показывает, что если надежные данные доступны в течение длительного периода (более одного срока службы актива), то такие алгоритмы будут демонстрировать хорошую производительность для практически разумного диапазона технологических изменений. Практическая значимость метода замены заключается в вычислении первого срока службы (решение о замене в данный момент времени). После принятия первого решения о замене менеджер может повторить решение с новым усовершенствованным прогнозом технологических данных в течение определенного интервала. Перспективным является разработка и исследование алгоритмов для задач с дискретным временем замены, использующих эквивалентный критерий ежегодных затрат и первоначально неопределенный конечный горизонт.

Рассмотрение сетевых эффектов. Рациональные стратегии замены оборудования современной фирмы зависят от сетевых эффектов, которые приводят к ситуациям, когда «ценность для покупателя дополнительной единицы выше при продаже большего количества единиц» и «фирмы в более крупной коалиции зарабатывают более высокую прибыль, чем фирмы в меньшей коалиции». Например, ценность программного обеспечения компьютерной операционной системы выше, когда может запускаться больше приложений при этом программном обеспечении. Сетевая экономика - это новая и быстро развивающаяся исследовательская область, которая подчеркивает взаимодействие между финансовой прибылью и используемой технологией. Она возникает в телекоммуникационных сетях, Интернете, рынках финансовых обменов, сетях АТМ и т.д. В сетевых отраслях небольшие конкуренты вынуждены внедрять инновации, а важность управления технологическими изменениями на отдельном уровне фирмы возрастает. Обновление активов в сетевой экономике чрезвычайно велико. В связи с этим перспективным является решение задачи оптимальной замены с учетом сетевых эффектов.

Неопределенность в данных технологических прогнозов. Оптимальная замена активов была смоделирована главным образом в детерминированных постановках, хотя существуют стохастические модели. Существует несколько недавних довольно сложных теоретических моделей замены, которые касаются неопределенной нестационарной экономической среды. Внимание большинства исследователей сосредоточено на детерминированных моделях. Однако, при решении задачи оптимальной замены, также представляет интерес и является перспективным рассмотрение неопределенности в данных технологических прогнозов для различных отраслей (строительство,

автомобили, авиация, информационные технологии и др.), на основе методов статистики и стохастического программирования.

Обсуждения. Современные технологические и научные инновации сильно влияют на повседневную жизнь человека. В нынешнем высокотехнологичном обществе такое оборудование, как компьютеры и сотовые телефоны, стали неотъемлемой частью нашей жизни. Современная технология вводит новые, более производительные и менее дорогие типы производственных активов (оборудования, машин), которые становятся доступными на мировом рынке. Выгодно ли менять наш автомобиль, компьютер, программное обеспечение или телефон, сразу, как только появятся их новейшие версии? Этот вопрос задают руководители промышленности и правительственные чиновники на разных уровнях. Рациональное управление капиталовложениями становится одним из важнейших финансовых решений и должно быть реализовано в соответствующих моделях.

Технологическое развитие приводит к появлению новых типов активов. Кроме того, новые активы не только более эффективны, но и более экологичны. Их рациональная замена помогает снизить негативные последствия изменения климата и снизить выбросы двуокиси углерода. Вот почему оптимальная замена активов является ключевым внешним фактором.

Оптимальная замена активов (капитала, оборудования, машин) относится к традиционным областям исследований операций. Были предложены различные подходы к моделированию, с того времени как Р.Беллман представил первые модели замены активов в 1955 году. В исследовании операций большинство задач с заменой оборудования детерминированы и сформулированы на бесконечных или конечных горизонтах планирования. Непрерывные модели также используются, но в основном для теоретического исследования. В экономической теории аналогичные процессы замещения описываются так называемыми винтажными моделями капитала с эндогенным сроком жизни. Методика экономического исследования основана на сведении задачи замены к нелинейному интегральному уравнению для оптимального срока службы переменных активов. Полученное интегральное уравнение трудно решить и обычно сочетает аналитические расчеты с компьютерным моделированием. Это позволяет получить новое представление об оптимальных решениях о замене.

Обширные исследования были посвящены задачам замены активов, и существенный прогресс был достигнут начиная с 1970-х годов. Ниже мы кратко рассмотрим основные категории моделей замены:

Последовательная и параллельная замена. Задачи замены подразделяются на две основные категории: (а) последовательная замена одной машины, (б) параллельная замена нескольких экономически зависимых машин. Параллельная замена многих активов часто упоминается как замена парка. Из-за математической сложности модели замены при технологическом развитии, обычно рассматривают последовательную замену, то есть анализ ограничивается рассмотрением одной машины.

В то же время, общая ситуация заключается в том, что компания должна заменить несколько связанных активов, установленных в разные годы. Инженерная практика требует замены нескольких активов, в частности, для транспортных средств, компьютеров и средств связи. Также, решение о замене может быть принято отдельно для каждого из активов. Однако, после этого может произойти несколько интересных эффектов, и среди них есть кластеризация активов. Кластеризация происходит по очевидным причинам: некоторые устаревшие активы должны были быть заменены раньше, чем в текущем году. По мере увеличения количества заменяемых активов в практике управления возникают новые осложнения, такие как увеличение или уменьшение производственного потенциала, бюджетные ограничения, последствия экономичности или не экономичности, и другие. Затем возникает задача параллельной замены, которую сложнее анализировать при улучшении технологии.

Модели непрерывного и дискретного времени. Модели с заменой дискретного времени предполагают, что неизвестное время жизни активов является целым числом. Непрерывные модели не ограничиваются этим требованием. Другое отличие заключается в том, что дисконтирование является непрерывным, а начисление затрат на обслуживание является непрерывным в моделях непрерывного времени, чем в конце года в моделях с дискретным временем. Методы исследования непрерывного времени были лучше разработаны и могут привести к новым значимым результатам. Необходимо тщательно проанализировать связь между дискретными и непрерывными заменами.

Постоянные и переменные сроки службы активов. Большинство классических моделей замены предполагают, что оптимальный срок службы активов будет постоянным. Однако несколько

исследователей показали, что это предположение является слишком строгим при улучшении технологии, особенно когда технологическое развитие прерывается.

Конечные и бесконечные горизонты. Оптимизация на конечном горизонте более сложна, чем оптимизация на бесконечном горизонте, из-за сопутствующих эффектов конца горизонта. Теория замещения использует как конечные, так и бесконечные горизонты. Существует соответствующая литература о том, каким длинным должен быть горизонт, чтобы гарантировать оптимальное решение так чтобы увеличение длины горизонта не влияло на решение.

Непрерывное и прерывистое технологическое развитие. Два общих описания технологических обновлений - непрерывное технологическое развитие как постепенное улучшение новых активов и прерывистые технологические обновления, которые приводят к мгновенным изменениям (технологическим потрясениям или прорывам) в экономических параметрах активов. Технологические потрясения добавляют новый уровень сложности к анализу замещения. Несколько моделей предполагают стохастический вид таких потрясений (со случайными моментами или размерами). Потрясения могут быть положительными, как появление новых лучших активов, или отрицательными, как отказ системы. Технологические потрясения могут появляться с известными величинами в известные времена и вызывать скачки в новых капитальных затратах и эксплуатационных расходах. Серьезные нарушения появляются в оптимальном режиме замены в ответ на потрясения и влияют на надежные стратегии рациональной замены. Потрясения вызывают эффект непосредственного ожидания (увеличение срока службы актива до момента потрясения) и отголосок ожидания.

Замена при неопределенности данных. Фирма обычно знает только приблизительные оценки будущих изменений затрат, что еще больше бросает вызов практике принятия решений в области замены активов. Простейший алгоритм замены оценивает будущую интенсивность технологических изменений на основе нескольких дискретных оценок текущих и будущих затрат на активы. Естественно, эти измерения являются приблизительными, и ход технологических изменений может быть подвергнут различным стохастическим факторам. Существующие исследования по замене активов при неопределенности данных не включают в себя надлежащее исследование неопределенных технологических изменений. Влияние неопределенности и стохастической природы технологических изменений на оптимальную замену, является одним из основных направлений будущего совершенствования методов замещения.

Заключение. Планирование оптимальных объемов ремонтов и модернизации оборудования были изучены и другими авторами [8-15]. В настоящее время большинство хорошо разработанных теоретических моделей и методов замены не имеют особого отношения к общей практике управления, что обычно связано с серьезной нехваткой данных, временными и бюджетными ограничениями и другими общими проблемами управления. В результате большинство учебников рекомендуют, в качестве основного практического инструмента для расчета оптимального времени замены, относительно простой метод одного актива (машины). Основным недостатком этого метода является то, что он не рассматривает технологические инновации и оправдан только в случае постоянных затрат на активы. Известно, что этот метод не рассматривает технологический прогресс и, таким образом, создает неоптимальные результаты при улучшении технологии. Также, современное технологическое развитие влияет на рыночные цены на новые активы, а также на их операционные расходы. Таким образом, решение, полученное в результате этого первоначального метода, может быть неэффективным при улучшении технологии. Действительно, если цена и/или операционные расходы уменьшаются для новых активов, то расчеты времени замены для текущего актива должны быть переоценены, чтобы отразить это снижение. Таким образом, изменения в стоимости нового актива, а также операционных и эксплуатационных расходов, вызванных техническим прогрессом, должны быть включены в расчеты оптимального срока службы актива, в идеале, без усложнения алгоритмов. Другая проблема заключается в том, как определить политику устойчивого замещения в рамках ограниченных исходных данных и информации о будущих технологиях.

Данная работа выполнена по гранту МОН РК, ИРН: AP05131784.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Yatsenko Yu. and Hritonenko N., Optimization of the lifetime of capital equipment using integral models // Journal of Industrial and Management Optimization – 2005 –1 – pp.415-432.

- [2] Hritonenko N., Yatsenko Yu., and Boranbayev S.. Environmentally sustainable industrial modernization and resource consumption: Is the Hotelling's rule too steep? // *Applied Mathematical Modelling*, 39(2015), 4365–4377.
- [3] Yatsenko Yu. and Hritonenko N.. Algorithms for asset replacement under limited technological forecast // *International Journal of Production Economics* 160 (2015), 26–33.
- [4] Hritonenko N. and Yatsenko Yu., *Mathematical Modeling in Economics, Ecology and the Environment*, Series // "Mathematical Masterpieces Abroad", vol. 23, Science Press, China, 2006, 210 p. (reprint of the 1st edition of Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1999)
- [5] Hritonenko N., Yatsenko Yu., The dynamics of asset lifetime under technological change // *Operations Research Letters*, 36(2008), 565–568.
- [6] Hritonenko N. and Yatsenko Yu., Technological innovations, economic renovation, and anticipation effects // *Journal of Mathematical Economics*, 46(2010), 1064–1078.
- [7] Boranbayev S. Mathematical Model for the Development and Performance of Sustainable Economic Programs // *International Journal of Ecology and Development*, Vol. 6, No. W07, Winter 2007, p.15–20.
- [8] Китушин В.Г., Иванова Е.В. Оценка эффективного срока реконструкции, замены оборудования // *Проблемы современной экономики*. – 2008. – № 4. – С. 213–216.
- [9] Китушин В.Г., Иванова Е.В. Учёт фактора надёжности при определении эффективного срока эксплуатации оборудования электрической сети // *Энергетика: экология, надёжность, безопасность: материалы тринадцатой Всероссийской научно-технической конференции*. – Томск : Изд-во ТПУ, 2007. – С. 187–190.
- [10] Иванова, Е.В. Система планирования затрат на ремонтное обслуживание, техническое перевооружение, реконструкцию и замену оборудования предприятий электрических сетей с учетом состояния его изношенности // *Наука. Технологии. Инновации: материалы всероссийской научной конференции молодых ученых в 7-ми частях*. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2007. – Ч. 4. – С. 149–152.
- [11] Китушин В.Г., Иванова Е.В. Анализ эксплуатационных затрат электросетевого предприятия как основа решений по его развитию // *Энергосистема: управление, конкуренция, образование: сборник докладов III международной научно-практической конференции*. В 2 т. – Екатеринбург : УГТУ–УПИ, 2008. – Т. 2. – С. 270–274.
- [12] Китушин В.Г., Иванова Е.В. Определение оптимального уровня надежности оборудования электрической сети // *Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: сборник научных трудов международного научного семинара*. – Вып. 59: Методические и практические проблемы надежности либерализованных систем энергетики / отв. ред. Н.И. Воропай. – Иркутск : ИСЭМ СО РАН, 2009. – С. 311–315.
- [13] Китушин В.Г., Иванова Е.В. К планированию ремонтного обслуживания оборудования предприятия электрических сетей // *Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: сборник научных трудов международного научного семинара*. – Вып. 60: Методы и средства исследования и обеспечения надежности систем энергетики / 21 отв. ред. Н.И. Воропай, А.И. Таджибаев (ПЭИПК). – Спб. : «Северная звезда», 2010. – С. 26–30.
- [14] Китушин В.Г., Бык Ф.Л., Иванова Е.В. Макродиагностика как средство планирования оптимальных объемов ремонтов и модернизации оборудования энергопредприятия // *Энергетика в глобальном мире: сборник тезисов докладов первого международного науднотехнического конгресса*. – Красноярск : ООО «Версо», 2010. – С. 25–26
- [15] Иванова Е.В. Анализ и сравнение основных понятий, связанных с категорией «активы» // *Наука. Технологии. Инновации: материалы всероссийской научной конференции молодых ученых в 4-х частях*. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2010. – Ч. 3. – С. 67–69

Боранбаев А.С., Боранбаев С.Н., Нурушева Ә.М.

Экономикалық және технологиялық жаңаруды модельдеу кезінде активтерді оңтайлы ауыстыру

Түйіндеме. Экономикалық және технологиялық жаңаруды модельдеу саласында айтарлықтай нәтижелер алынған. Бұл операцияның зерттеуінде, активтерді (жабдықтарды, машиналарды және көптеген басқаларды) ауыстырумен тапсырмалардың көпшілігі детерминделген болып табылған және дискретті уақытта шексіз немесе ақырғы жоспарлау горизонттар бойынша тұжырымдалған. Мақалада экономикалық және технологиялық жаңаруды модельдеу кезінде активтерді оңтайлы ауыстыру зерттеледі. Экономикалық және технологиялық жаңаруды модельдеу саласында одан әрі зерттеулер жүргізу барысында жаңа ойларды, рәсімдерді, тәсілдерді және әдістерді қалай іске асыруға болатыны қарастырылған.

Түйінді сөздер: модельдеу, әдіс, технологиялық жаңару, экономикалық жаңару, ауыстыру.

Boranbayev A.S., Boranbayev S.N., Nurusheva A.M.

Optimal asset replacement in the modeling of economic and technological renovation

Summary: Significant results in the field of modeling of economic and technological renovation have been obtained. In this operation research, the most of the tasks with the assets (equipment, machines, etc.) replacement are deterministic and formulated on finite and infinite horizons of planning in discrete time. The paper examines the optimal replacement of assets in the modeling of economic and technological renovation. It is considered promising

new ideas, procedures, approaches and methods which can be implemented in carrying out further research in the field of modeling of economic and technological renovation.

Keywords: Modeling, method, technological renovation, economic renovation, replacement.

УДК 681.3

S.N. Boranbayev, A.M. Nurusheva

(L.N. Gumilev Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

E-mail: sboranba@yandex.kz, nurusheva.assel@mail.ru)

THE METHODS TO IMPROVE THE RELIABILITY OF INFORMATION SYSTEMS AND THE RESEARCH OF THE GLOBAL CYBERSECURITY INDEX OF KAZAKHSTAN

Abstract: Some methods for calculating reliability and estimating of information risks, tools for managing of information security risks are considered in the article. A review of the best practices of countries with a high global cybersecurity index is made. The current level of achievement of the indicators of the Kazakhstan global cybersecurity index is defined and the recommendations for the effective growth of all indicators of the global cybersecurity index are developed.

Key words: reliability, security, security metrics, risk assessment.

С.Н. Боранбаев, А.М. Нурушева

(Евразийский национальный университет имени Л.Н.Гумилева, Астана, Казахстан

E-mail: sboranba@yandex.kz, nurusheva.assel@mail.ru)

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИНДЕКСА КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ КАЗАХСТАНА

Аннотация: В статье рассмотрены некоторые методы расчета надежности и оценки информационных рисков, инструментальные средства управления рисками информационной безопасности. Сделан обзор передового опыта стран с высоким глобальным индексом кибербезопасности. Определен текущий уровень достижения индикаторов глобального индекса кибербезопасности Казахстана и разработаны рекомендации для эффективного роста всех индикаторов глобального индекса кибербезопасности.

Ключевые слова: надежность, безопасность, метрики безопасности, оценка рисков.

Введение. Данная работа выполнена по гранту МОН РК, ИРН: AP05131784.

Изучая опыт зарубежных стран в сфере безопасности, можно отметить, что с одной стороны, они стремятся к безопасным и надежным информационно-коммуникационным системам, а с другой стороны, признают необходимость открытости Интернет-пространства. Например, в Нидерландах в стратегии их информационной безопасности, приведено следующее определение: «Кибербезопасность – это защищенность от сбоев и неправильной эксплуатации информационно-телекоммуникационных систем, которые могут отрицательно повлиять на доступность и надежность информационно-телекоммуникационных систем, поставить под угрозу конфиденциальность и целостность информации, хранящейся в системах». [1] Из определения видно, что защищенность от сбоев, непосредственно связанная с обеспечением надежности информационных систем, является одним из основных компонентов кибербезопасности. Принимая во внимание вышеизложенное, в Концепции кибербезопасности к основным принципам отнесен следующий: «принять риск-ориентированный подход к безопасности, уделяя первоочередное внимание усилиям, обеспечивающим наивысший уровень надежности создаваемых информационных систем в нормальном и внештатном режимах и устойчивости их к умышленным сбоям». [2]

В реализацию Указа Президента Казахстана «О мерах по реализации Послания Главы государства народу Казахстана «Третья модернизация Казахстана: глобальная конкурентоспособность» в Казахстане утверждена Концепция кибербезопасности. В Концепции определена основная цель, заключающаяся в достижении и поддержании уровня защищенности информационных систем от угроз, обеспечивающего устойчивое развитие страны. К одному из приоритетных ожидаемых результатов реализации Концепции можно отнести рост глобального индекса кибербезопасности (далее – ГИК) Казахстана, который включает в себя комплекс мероприятий, направленных на повышение кибербезопасности страны.

Методы исследования. Методы обеспечения надежности функционирования информационных систем. При построении и реализации машинных моделей используются различные методы и модели для расчета надежности. Математические модели надежности программных средств позволяют сделать оценки зависимости надежности программного средства от определенных параметров. [3, 4] Модели надежности программных средств можно разделить на аналитические и эмпирические. Аналитические модели позволяют рассчитать количественные показатели надежности. Они базируются на данных о поведении программы в момент проведения тестирования. Аналитические модели разделены на динамические и статистические. [5]

Методы анализа рисков. Оценка рисков производится в основном качественными и количественными методами. Качественная оценка присваивает риску значения в соответствии с выбранной шкалой, что позволяет определить необходимые средства и меры защиты. Качественный метод прост в использовании, однако не дает конкретной числовой оценки эффективности применения комплекса контрмер. [6]

В настоящее время существует множество подходов и методов по анализу рисков информационной безопасности и надежности информационных систем. Так, Милославской Н.Г. и Сенаторовым М.Ю. определено более 40 зарубежных сайтов с использованием инструментальных средств управления рисками информационной безопасности. [7] Известные методики можно разделить по типу используемой в них процедуры принятия решения на одноэтапные и многоэтапные. В одноэтапной методике («Risk Matrix») оценка риска выполняется с помощью одноразовой решающей процедуры. В многоэтапной методике (NIST, CRAMM) оценка риска проводится с предварительным оцениванием ключевых параметров. Механизм оценки рисков на основе нечеткой логики является экспертной системой, базу знаний в которой составляют определенные правила. Метод оценивания критичных угроз, активов и уязвимостей (OCTAVE) имеет ряд модификаций для предприятий различного размера и видов области деятельности. [8, 9] Исследование по обнаружению и измерению рисков в информационных системах через диагностические экспертные системы гибкого управления было проведено в работах J.Janulevičius и др. [10] Таким образом, управление рисками является трудоёмким процессом, требующим привлечения экспертов. Однако, преимущества, которые оно даёт перевешивают затраченные усилия. [6]

В работах [11-13] был рассмотрен подход, основанный на оценке рисков и их нейтрализации для повышения надежности информационных систем. Данный подход позволяет проводить оценку риска на раннем этапе процесса разработки программного обеспечения и определять для них наиболее эффективные стратегии по смягчению рисков в тех случаях, когда традиционные методы не могут быть применены. Подход основан на адаптации методов RED [14] и GREEN [15] для оценки рисков программных систем, и позволяет снизить риск, используя стратегии смягчения рисков и их оценки на основе собранных исторических данных по снижению риска.

Задача обеспечения надежности и отказоустойчивости информационных систем стала особенно актуальной в связи с тем, что в настоящее время облачные технологии находят все большее распространение. Основными преимуществами облачных сервисов являются масштабируемость ресурсов, значительно низкие затраты на поддержку инфраструктуры. Крупные поставщики облачных сервисов вложили большие инвестиции в разработку массовой инфраструктуры доступа для своих потребителей по всему миру. Тем не менее, для основной массы потребителей очень остро стоит вопрос доверия своей информации сторонним поставщикам облачных сервисов. Руководители подразделений информационных технологий своих компаний, которые принимают решения о перемещении собственной инфраструктуры в облако, имеют сомнения относительно надежности облачных сервисов. В связи с этим, разработка методов повышения отказоустойчивости и надежности программного обеспечения, в частности в облаке, является важной научно-технической задачей. В работах [16-24] были разработаны методы и технологии, позволяющие производить оценку отказоустойчивости программного обеспечения с использованием метода диверситета. Данный подход позволяет минимизировать стоимость разработки программного обеспечения через стандартизированные языки моделирования для построения бизнес- процессов.

Глобальный индекс кибербезопасности (ГИК). ГИК – это показатель уровня развития кибербезопасности конкретной страны. Согласно ГИК 2017, составленному Международным союзом электросвязи, в топ-5 стран глобального рейтинга входят следующие страны: Сингапур, США, Малайзия, Оман и Эстония. Всего в списке 193 страны. Казахстан занял 83 место. Показатель индекса Казахстана в 2017 году составил 0,352, превысив ожидаемый результат, установленный в Концепции. ГИК составляется на основе 5 критериев: правовые, технические, организационные

меры, создание потенциала и сотрудничество. Для определения мероприятий, необходимых для достижения показателей, установленных в Постановлении, рассмотрим далее методологию расчета ГИК, а также передовой опыт некоторых стран.

Методология расчета ГИК в 2015 году заключалась в использовании статистической модели, основанной на многокритериальном анализе (МКА). МКА определяло предпочтения при выборе между несколькими вариантами, давая указание на четко установленные цели, а также предлагая определенные измеряемые критерии для оценки степени достижения целей. Использовалась простая модель оценки по методу линейного сложения. [25]

Вся концепция новой итерации ГИК основана на карте дерева развития кибербезопасности и возможности бинарного ответа. [26]

Анализ передового опыта стран, которые имеют лучшие показатели индикаторов ГИК в рейтинге 2017 года:

В Сингапуре (1 место в рейтинге) наблюдается долгая история инициатив по кибербезопасности. Еще в 2005 году был запущен первый общий план по кибербезопасности. Агентство кибербезопасности было создано в 2015 году в качестве специализированного подразделения по надзору за кибербезопасностью, и в 2016 году страна выпустила комплексную стратегию.

Для организованной координации кибербезопасности между всеми штатами США (2 место) Национальная ассоциация губернаторов создала Ресурсный центр государственной кибербезопасности, в котором представлены лучшие практики, инструменты и руководящие принципы для всех штатов.

Государственный орган, ответственный за информационную безопасность в Малайзии (3 место) предлагает профессиональную подготовку через высшие учебные заведения в Малайзии. Он поддерживает сайт Cybergigu, посвященный профессиональному обучению безопасности.

Оман (4 место) обладает надежной организационной структурой со стратегией кибербезопасности, общим планом и дорожной картой.

Начиная с 2007 года, когда Эстония (5 место) стала первой страной в мире, ставшей жертвой киберконфликта, сектор кибербезопасности здесь стал быстро развиваться. Эстония подписала договора о развитии сферы кибербезопасности с Австрией, Люксембургом и Южной Кореей.

Проект по отслеживанию и обнаружению ботнетов позволяет группе реагирования на компьютерные инциденты Маврикии (6 место) активно принимать меры по ограничению угроз в сети страны. Государственная группа по безопасности информационных технологий провела 180 информационных занятий для примерно 2 000 государственных служащих в 32 организациях.

В Австралии (7 место) существует программа сертификации по информационной безопасности, представляемая Советом зарегистрированных этических тестировщиков безопасности (CREST). [26]

Обсуждение результатов исследований. Положительные стороны Казахстана, позволившие за короткий период достичь показателя 0,352:

- модернизация законодательных актов в сфере информатизации и информационной безопасности (принятие обновленного Закона Республики Казахстан от 24 ноября 2015 года № 418-V ЗРК «Об информатизации»; утверждение Концепции кибербезопасности «Киберщит Казахстан», Единых требований в области ИКТ и обеспечения информационной безопасности и др.);

- создание Комитета по информационной безопасности, участвующего в выполнении стратегических функций в области информационной безопасности;

- наличие в Казахстане Национальной государственной и отраслевой службы реагирования на компьютерные инциденты, наличие членства Службы в международной организации Forum of Incident Response and Security Teams;

- действующие порталы электронного правительства и центры выдачи электронной цифровой подписи.

- наличие образовательных программ для государственных служащих. В Казахстане при Канцелярии Премьер-министра имеется государственное учреждение «Центр подготовки и повышения квалификации специалистов в области информационной безопасности» и др.

Показатель «регулирование кибербезопасности» имеет средний уровень, т.к. в Казахстане имеются Законы «Об информатизации», «О персональных данных и их защите» и другие нормативные правовые акты, в уголовном законодательстве предусмотрена компьютерная терминология и предусмотрена ответственность за нарушение некоторых требований в сфере

информационной безопасности, но для повышения данного уровня требуется совершенствование законодательства в части разработки специального нормативного акта.

Показатель «стандарты» находится на низком уровне. Для его повышения необходимо утвердить государством программу для применения признанных на международном уровне стандартов кибербезопасности (стандартов, разработанных следующими органами: ISO, МСЭ, IETF, IEEE, ATIS, OASIS и т.п.) в государственном секторе и в управлении важнейшей инфраструктурой.

Показатель «стандарты и сертификация для специалистов» также является низким и для его повышения рекомендуется утвердить государством программу для сертификации и аккредитации государственных органов и специалистов по признанным на международном уровне стандартам кибербезопасности. Такие программы сертификации и аккредитации и стандарты включают следующие: Cloud Security knowledge, CISSP, SSCP, CSSLP CBK, Cybersecurity Forensic Analyst (ISC), GIAC, GIAC GSSP (SANS), CISM, CISA, CRISC (ISACA) и др.

Низкий уровень у показателей «стратегия» и «метрики кибербезопасности». Разработка и утверждение стратегии кибербезопасности Казахстана, а также применение официально признанных инструментов сравнительного анализа или справочных материалов, используемых для оценки уровня развития кибербезопасности, позволит повысить низкий показатель.

Согласно Руководству по эффективной практике ENISA NCSS, национальные стратегии кибербезопасности являются основными документами национальных государств по определению стратегических принципов, руководящих принципов и целей, а в некоторых случаях и конкретных мер в целях снижения риска, связанного с кибербезопасностью. [27, 28] Стратегии по территориальным признакам могут быть национальными, региональными, международными и глобальными. Принятие единой глобальной стратегии кибербезопасности позволило бы объединить национальные стратегии для большинства стран мира. Однако, достижение этой цели весьма трудоемко, поскольку существуют страны, которые сами организуют кибератаки в связи, с чем принятие единого соглашения будет затруднено. [29]

Показатель «ответственное учреждение» находится на среднем уровне, так как помимо имеющихся государственных органов, ответственных за исполнение требований информационной безопасности, политик и стратегий, необходимо создание официальных рабочих групп, консультативных советов или междисциплинарных центров в сфере кибербезопасности.

Низкий уровень индикатора «создание потенциала» говорит о недостатке в Казахстане научно-исследовательских, образовательных и обучающих программ в сфере кибербезопасности, соответственно квалифицированных профессионалов и отечественных продуктов. [30-32]

Индикатор «сотрудничество» находится на самом низком уровне относительно других индикаторов. Так, межгосударственное сотрудничество включает любые официально признанные общенациональные и действующие в отдельных секторах партнерства для обмена материалами в сфере кибербезопасности между разными странами.

Межведомственное сотрудничество включает общенациональные и действующие в отдельных секторах программы для обмена материалами в сфере кибербезопасности в государственном секторе.

Государственно-Частные Партнерства (ГЧП) – это совместные предприятия представителей государственного и частного секторов. Оценка данного показателя эффективности может выполняться, исходя из числа официально признанных общенациональных и действующих в отдельных секторах ГЧП для обмена материалами в сфере кибербезопасности между государственным и частным секторами.

Показатель «международное сотрудничество» относится к любому официально признанному участию в международных платформах и форумах в сфере кибербезопасности.

Также важно отметить, что в плане мероприятий по реализации Концепции кибербезопасности до 2022 года предусмотрено 41 мероприятие. Помимо мероприятий, указанных в Концепции, перечислим некоторые дополнительные меры, рекомендуемые нами к исполнению:

- подготовка национальной стратегии в области кибербезопасности, основанной на лучших зарубежных и международных аналогах.;
- подготовка специалистов не только технической специализации, а также организационной и правовой;
- разработка специального нормативного акта, регулирующего соблюдение правил кибербезопасности, и относящегося непосредственно к конкретным аспектам киберпреступлений, включая регулирование и сокращение СПАМ-рассылок в Казахстане;

- утверждение перечня критически важных объектов информационно-коммуникационной инфраструктуры и реализация мер в их отношении и др.

Учитывая, что в странах с лучшими показателями ГИК создан Совет CREST, рекомендуется рассмотреть возможность официального членства Казахстана в CREST. Также, исходя из опыта других стран мира, рекомендуется создание Команды реагирования на инциденты информационной безопасности на базе университетов с целью глубокого анализа происходящих инцидентов в области безопасности и разработки отечественных продуктов по их предотвращению, привлечения студентов, магистрантов и докторантов к работам в этой области.

Заключение. Анализ методов и технологий обеспечения надежности и безопасности функционирования информационных систем показывает, что в настоящее время известны десятки зарубежных программных продуктов по анализу рисков. Учитывая значимость разработки отечественных программных продуктов, направленных на обеспечение надежности информационных систем, необходимо дальнейшее развитие исследования по разработке предложенного в работах [11-13] подхода для оценки рисков программных продуктов.

Анализ передового опыта в области кибербезопасности развитых стран позволил определить мероприятия, необходимые для повышения ГИК Казахстана, которые в данной работе рекомендуется включить в план мероприятий по реализации Концепции кибербезопасности до 2022 года.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] National Cyber Security Strategy 2. – URL: <https://www.enisa.europa.eu/topics/national-cyber-security-strategies/ncss-map/NCSS2Engelseversie.pdf> (accessed 04.06.2018).
- [2] ПП РК «Об утверждении Концепции кибербезопасности ("Киберщит Казахстан")». URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/P1700000407> (дата: 17.06.2018).
- [3] Василенко Н.В., Макаров В.А. Модели оценки надежности программного обеспечения // Вест. Новг. гос. унив-та – 2004. – № 28- 126-132.
- [4] Мальков М.В. О надежности информационных систем // Труды Кольского научного центра РАН. — 2012. – Т.4 №11. Вып. 3. – С. 49-58.
- [5] Расулова С.С. Надежность информационных систем: Конспект лекций. Ташкент: ТашГТУ, 2007. – 117с.
- [6] Швалев И.С., Чусавитина Г.Н., Давлеткиреева Л.З. Сравнительная характеристика автоматизированных инструментальных средств управления информационными рисками. // Совр. науч. исследования и инновации – 2012. Т.11 №19. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/11/18524> (дата обр.: 04.02.2018).
- [7] Милославская Н.Г., Сенаторов М.Ю. Управление рисками информационной безопасности. – М.: Горячая линия-Телеком, 2014. – 130 с.
- [8] Агишев Т.Х., Хасанов Ш.А. Инструментальные средства управления рисками информационной безопасности // Матер. межд. научно-практ. конф. «Информационные технологии. Проблемы и решения», Уфа, 2017. – С.291–295.
- [9] Староверова Н.А., Фадхкал З. Анализ существующих методов оценки рисков корпоративных информационных систем. // Вестник Казанского технол. унив-та – 2013. – Т.16 №9 – С. 282-287.
- [10] Janulevičius J., Šiaudinytė L., Čenys A., Goranin N. Detection and measurement of information system risks through adaptive management diagnostic expert systems // 12th IMEKO TC10 Workshop on Technical Diagnostics, Italy – Florence, 2013. – pp. 45-49.
- [11] Боранбаев А.С., Боранбаев С.Н., Ерсакханов К.Б., Нурушева А.М. Методы обеспечения надежности информационных систем // Вестн. ЕНУ – 2017. - Т.2 №117, С. 61-70.
- [12] Боранбаев А.С., Боранбаев С.Н., Ерсакханов К.Б., Нурушева А.М. Выявление потенциальных отказов программного обеспечения и их нейтрализация //Сб.докл. IVМежд. науч-практ. конф., Астана, 2017 – с.338-340.
- [13] A. Boranbayev, S. Boranbayev, K. Yersakhanov, A. Nurusheva, and R.Taberkhan. Methods of Ensuring the Reliability and Fault Tolerance of Information Systems. 15th International Conference of Information Technology, Information Technology – New Generations, 2018, pp.729-730.
- [14] Grantham Lough K., Stone R., and Tumer I. Prescribing and implementing the risk in early design (RED) method // In Proceedings of DETC'06, Philadelphia, USA, - 2006. - pp. 431-439.
- [15] Krus D. A., "The risk mitigation strategy taxonomy and generated risk event effect neutralization method". PhD thesis. Missouri, 2012. 176 p.
- [16] Boranbayev S.N., Popov P., Altayev S.A. The Usage Of Design Diversity For Software Fault Tolerance And Reliability // Матер. респ. научно-практ. конф. «Проблемы применения современных матем. методов и комп. технологий в инженерных науках и строительстве», Астана, 2013. – с. 237-243.

- [17] Boranbayev S.N., Popov P., Altayev S.A. Software Reliability Issues // Матер.междун. научно-практ. конф., Алматы, 2012. – с. 61-65.
- [18] Boranbayev S., Boranbayev A., Altayev S. Development of a mathematical model for designing reliable information systems and its properties // The 2014 International Conference on SERP'14, Las Vegas, 2014. – pp. 286-290.
- [19] Boranbayev S., Boranbayev A., Altayev S., Nurbekov A. Mathematical model for optimal designing of reliable information systems // Proceedings of the 2014 IEEE 8th International Conference on Application of Information and Communication Technologies-AICT2014, - Astana, 2014. - pp.123-127.
- [20] Boranbayev S., Boranbayev A., Altayev S., Seitkulov Y. Application of diversity method for reliability of cloud computing. // Proceedings of the 2014 IEEE 8th International Conference on AICT2014 - Astana, 2014. – pp. 244-248
- [21] Boranbayev S., Altayev S., Boranbayev A. Applying the method of diverse redundancy in cloud based systems for increasing reliability // Proceedings of the 12th International Conference on ITNG 2015, Las Vegas, Nevada, USA, 2015. – pp. 796-799.
- [22] Boranbayev S., Nurbekov A. Development of the methods and technologies for the information system designing and implementation // Journal of Theoretical and Applied Information Technology, 2015 - Vol.82 №.2. – pp.212-220.
- [23] Boranbayev S., Boranbayev A., Nurbekov A., Altayev S. The method of design and development of information systems // Proceedings of the 7th ICLTET'2015, Irene, Pretoria, 2015. – pp. 145-149.
- [24] Боранбаев А.С., Боранбаев С.Н., Карасаева К. Обеспечение надежности программных систем на основе метода диверситета. // Вестн. ЕНУ – 2016. - Т.2 (117), С. 64-70.
- [25] Глобальный индекс кибербезопасности и профили по киберблагополучию. Отчет. Available at: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-SECU-2015-PDF-R.pdf (accessed 05.02.2018).
- [26] Global Cybersecurity Index (GCI) 2017. Available at: https://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-GCI.01-2017-PDF-E.pdf
- [27] ENISA NCSS Good Practice Guide, 2016. Available at: <https://www.enisa.europa.eu/publications/ncss-good-practiceguide>.
- [28] Štītilis D., Pakutinskas P., Laurinaitis M., Malinauskaitė-van de Castel I. A model for the national cyber security strategy. The Lithuanian case // Journal of Security and Sustainability Issues. 2017. - 6(3), pp. 357–372.
- [29] Štītilis D., Pakutinskas P., Kinis U., Malinauskaitė I. Concepts and principles of cyber security strategies // Journal of Security and Sustainability Issues. 2016. - 6(2), pp. 197–210.
- [30] Боранбаев С.Н., Нурушева А.М., Ерсакханов К.Б. Современное состояние и дальнейшее развитие информационной безопасности в Республике Казахстан // Вестн. ЕНУ. – 2017 - Т.1 №119, С. 52-62.
- [31] Боранбаев С.Н., Нурушева А.М., Ерсакханов К.Б. Анализ состояния информационной безопасности Республики Казахстан и перспективы его развития // Сборн. докл. IV Межд. науч-практ. конф., Астана, 2017 – с.341-344.
- [32] A.Boranbayev, S.Boranbayev, K.Yersakhanov, A.Nurusheva. The Modern State and the Further Development Prospects of Information Security in the Republic of Kazakhstan. 15th International Conference of Information Technology, Information Technology – New Generations, 2018, pp. 33-38.

Боранбаев С.Н., Нурушева Ә.М.

Ақпараттық жүйелердің сенімділігін арттыру әдістері және Қазақстанның ғаламдық киберқауіпсіздік индексіні зерттеу

Аннотация: Мақалада ақпараттық қауіпсіздік тәуекелдерін басқару құралдарын, ақпараттық тәуекелдердің сенімділігі мен бағалауын есептеудің әдістері қарастырылған. Қазақстанның ғаламдық киберқауіпсіздік индексі көрсеткіштерін жетістіктің ағатын деңгейі анықталған және ғаламдық киберқауіпсіздік индекстің барлық көрсеткіштерін тиімді өсуі үшін ұсынымдарды әзірленген.

Кілт сөздер: сенімділік, қауіпсіздік, қауіпсіздік көрсеткіштері, қауіп-қатерді бағалау.

Boranbayev S.N., Nurusheva A.M.

The methods to improve the reliability of information systems and information and the research of the global cybersecurity index of Kazakhstan

Summary: Methods for calculating reliability and estimating of information risks, tools for managing of information security risks are considered in the article. Current level of achievement of the indicators of the Kazakhstan global cybersecurity index is defined and the recommendations for the effective growth of all indicators of the global cybersecurity index are developed.

Key words: reliability, security, security metrics, risk assessment.

М.А.Мустафин

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби,
Алматы, Республика Казахстан, medeu@rambler.ru)

БАЗИС РИССА ОДНОЙ СИСТЕМЫ СИНУСОВ

Аннотация. Данная работа посвящена доказательству базисности Рисса системы функций, ранее рассмотренной В.А.Ильиным и Е.И.Моисеевым.

Ключевые слова: базис Рисса, система синусов.

Хорошо известны работы академика В.А.Ильина по спектральной теории несамосопряженных дифференциальных обыкновенных операторов. В цикле работ В.А.Ильина были сформулированы и доказаны необходимые и достаточные условия существования базиса (и базиса Рисса) для таких операторов системы корневых функций обыкновенных дифференциальных операторов. В работе В.А.Ильина и Е.И.Моисеева [1] (Труды Математического Института им. В.А.Стеклова, 1992, т.201, с.219-230.) «О СИСТЕМАХ, СОСТОЯЩИХ ИЗ ПОДМНОЖЕСТВ КОРНЕВЫХ ФУНКЦИЙ ДВУХ РАЗЛИЧНЫХ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ» было установлена применимость построенной спектральной теории к замкнутой и минимальной системе, полученной в результате перемешивания подмножеств корневых функций двух различных краевых задач. В их совместной работе доказано, что такая система образует базис. Было замечено, что не существует никаких линейных краевых условий, которым бы удовлетворяли все элементы этой системы. Будем в дальнейшем называть эту систему системой Ильина-Моисеева.

В работе будет доказано, что полученная система Ильина-Моисеева является базисом Рисса.

Напомним некоторые основные положения работы [1].

Для оператора $Lu = -u''$ на интервале $(0, \pi)$ рассмотрим две краевые задачи:

а) с условиями периодичности $u(0) = u(\pi), u'(0) = u'(\pi)$;

б) с условиями антипериодичности $u(0) = -u(\pi), u'(0) = -u'(\pi)$.

Обе задачи являются самосопряженными и отвечающие им системы собственных функций полны и ортонормированы.

Авторами в [1] доказано, что система функций, получающаяся в результате перемешивания двух бесконечных подмножеств систем является базисом.

Рассмотрим эту систему $\{u_k(x)\} \equiv \left\{ \left(\frac{2}{\pi} \right)^{1/2} \sin \left(kx + \frac{\gamma}{2} \right) \right\}, k = 1, 2, \dots (*),$

Параметр γ выписан в [1].

В [1] также выписана биортогональная к (*) система

$$\{h_n(x)\} \equiv \left\{ \left(\frac{2}{\pi} \right)^{1/2} \operatorname{ctg} \left(\frac{x}{2} \right)^{\gamma/2} \sum_{k=1}^n B_{n-k} \sin kx \right\}, k = 1, 2, \dots$$

$$B_l = \sum_{m=0}^l C_{\gamma/\pi}^{l-m} C_{-\gamma/\pi}^m (-1)^{l-m}, \quad C_\alpha^k = \frac{\alpha(\alpha-1)\dots(\alpha-k+1)}{k!}$$

Имеет место теорема.

Теорема. Система Ильина-Моисеева на $(0, \pi)$ образует базис Рисса.

Доказательство теоремы основывается на одном из утверждений Н.К.Бари [2] о базисе Рисса, а именно:

Последовательность $\{u_k(x)\}$ является базисом Рисса, если она полна и существуют константы C_1 и $C_2 (>0)$ такие, что для любого натурального n и любых комплексных чисел $\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$

$$\text{имеет место неравенство } C_2 \sum_{j=1}^n |\gamma_j|^2 \leq \sum_{j=1}^n |\gamma_j u_j|^2 \leq C_1 \sum_{j=1}^n |\gamma_j|^2$$

Очевидно, что система Ильина-Моисеева полна в силу базисности (*). Доказательство двойного неравенства не вызывает больших затруднений.

ЛИТЕРАТУРА

[1] В.А.Ильин, Е.И.Моисеев О системах, состоящих их подмножеств корневых функций двух различных краевых задач // Труды Математического Института им. В.А.Стеклова, 1992, т. 201, с.219-230.

[2] И.Ц.Гохберг. М.Г.Крейн Введение в теорию линейных несамосопряженных операторов в гильбертовом пространстве. М.: Изд. Наука, 1965.

Мұстафин М.А.

Бірдің синустың системасы Рисстың базисы

Түйіндеме: Бұл мақала теореманың дәлелі Рисстың базисы арналған функцияның системаға үшін.

Бұрында В.А. Ильин және Е.И.Моисеев зерттеу жасалған.

Негізгі сөздер: Рисстың базисы, синустың система.

Mustafin M.A.

Riesz's base of one system of sines

Summary. Given article is devoted to proof of Riesz's base of one system of functions which studied before by V.A.Ilin and E.I.Moiseev.

Key words: Riesz's base, system of sines

УДК 517.9+539.3

Alexeyeva L.A., Dadayeva A.N., Айнакеева Н.Ж.

(Institute of Mathematics and Mathematical Modelling, Almaty, Kazakhstan

The Kazakh National Research Technical University after K.I.Satpaev (KazNRTU), Almaty, Kazakhstan

Kazakh National University after Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan)

FUNDAMENTAL SOLUTIONS OF EQUATIONS THE DYNAMICS OF THERMOELASTIC RODS

Abstract. We consider a thermoelastic rod, which is characterized by a linear density, the velocity of propagation of elastic waves in the rod, and thermoelastic constants. The longitudinal displacements of the rod sections and the temperature field are investigated. In this paper, fundamental solutions of the equations of non-connected thermoelasticity in the spatially one-dimensional case are obtained, describing the dynamics of the rods, taking into account the thermoelastic properties for longitudinal vibrations. The case of nonstationary oscillations for which along with analytic formulas are given are graphs of calculations of the matrix of fundamental solutions characterizing the thermally stressed state of the rod under the action of concentrated force and thermal oscillation sources for different values of the thermoelastic constants of the medium and vibration frequencies. The graphs of the real and imaginary parts of the complex transformant of the matrix of fundamental solutions are presented.

Keywords: thermoelastic rod, unbound thermoelasticity, temperature, medium displacement, stresses, fundamental solutions.

Л.А. Алексеева¹, А.Н. Дадаева², Н.Ж.Айнакеева³

(1) Институт математики и математического моделирования НАН РК

2 КазНИТУ им.К.И.Сатпаева, Казахстан, Алматы

3 КазНУ им. аль-Фараби, Казахстан, Алматы dady1262@mail.ru)

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ДИНАМИКИ ТЕРМОУПРУГИХ СТЕРЖНЕЙ

Аннотация. Рассматривается термоупругий стержень, который характеризуется линейной плотностью, скоростью распространения упругих волн в стержне и термоупругими константами. Исследуются продольные перемещения сечений стержня и температурное поле. В данной работе получены фундаментальные решения уравнений несвязанной термоупругости в пространственно-одномерном случае, описывающих динамику стержней с учетом их термоупругих свойств при продольных колебаниях. Рассмотрен случай нестационарных колебаний, для которых наряду с аналитическими формулами приведены графики расчетов матрицы фундаментальных решений, характеризующих термонапряженное состояние стержня при действиях сосредоточенных силовых и тепловых источников колебаний для разных значений термоупругих констант среды и частот колебаний. Представлены графики действительной и мнимой части комплексной трансформанты матрицы фундаментальных решений.

Ключевые слова: термоупругий стержень, несвязанная термоупругость, температура, перемещения среды, напряжения, фундаментальные решения.

Введение. Стержневые конструкции широко используются в строительстве и машиностроении в качестве опор мостов, соединительных и передаточных звеньев для конструктивных элементов самых разных машин и механизмов [1-5].

Стержневая система (ферма) используется в строительной механике (например, как опорная конструкция мостов или опора линии электропередач (ЛЭП)). Их основным достоинством является высокая грузоподъемность при небольшом конструктивном весе [6-9].

Тепловые стержневые элементы – используются для моделирования теплопередачи в длинных, тонких конструкциях. Стержневые элементы могут иметь конвективные и излучающие нагрузки на определенных поверхностях. Потоки теплоты могут быть непосредственно определены на этих поверхностях [10-11].

В процессе эксплуатации эти конструкции подвергаются переменным механическим и термическим воздействиям, которые создают сложное напряженно-деформированное состояние в конструктивных элементах, зависящее от их температуры, и влияющее на их прочность и надежность. Определение термонапряженного состояния стержневых конструкций (СК) с учетом их механических свойств (в частности, упругости) относится к числу актуальных научно-технических проблем. Краевые задачи динамики термоупругих стержней моделируются системами дифференциальных уравнений смешанного гипербола-параболического типа.

В работах [12-13] получены частные решения уравнений термоупругости на основе методов разделения переменных и интегральных преобразований. В настоящей работе вначале определяется температурное поле без учета упругих деформаций, а затем напряженное состояние на основе закона Дюамеля-Неймана. Таким образом решается задача *несвязанной термоупругости*, которая достаточно хорошо описывает медленные деформационные процессы.

1. Уравнения движения термоупругого стержня. Рассмотрим

термоупругий стержень, который характеризуется линейной плотностью ρ , скоростью распространения упругих волн в стержне c и термоупругими константами γ и k [12-13]. Исследуем продольные перемещения сечений стержня $u(x,t)$ и температурное поле $\theta(x,t)$, которые описываются системой гипербола-параболических уравнений вида:

$$\rho c^2 \frac{\partial^2 u_i}{\partial x^2} - \rho \frac{\partial^2 u_i}{\partial t^2} - \gamma \theta_{,x} + \rho F_1(x,t) = 0, \quad \theta_{,xx} - k^{-1} \theta_{,t} + F_2(x,t) = 0 \quad (1)$$

Термоупругое напряжение $\sigma(x,t)$ в стержне описывается соотношением Дюамеля-Неймана:

$$\sigma(x,t) = \rho c^2 \frac{\partial u_i}{\partial x} - \gamma \theta \quad (2)$$

здесь F_1 - продольная компонента внешней силы на единицу длины; $F_2(x,t)$ - величина, характеризующая количество выделенного тепловыми источниками тепла на единицу длины за единицу времени $u_{i,x} = \frac{\partial u_i}{\partial x}$, $u_{i,t} = \frac{\partial u_i}{\partial t}$..., $u_1 = u$, $u_2 = \theta$. Требуется построить решение системы уравнений (1) при F_1 и F_2 принадлежащих классу обобщенных функций медленного роста $S'(R^2)$ с носителем $\{x \in R^1, t \geq 0\}$ [14-15].

2. Построение матрицы фундаментальных решений и ее преобразование Фурье. Матрица фундаментальных решений $U_i^j(x,t)$ - это решение системы уравнений (1) при действии сосредоточенного импульсного источника $F_k = \delta(x)\delta(t)\delta_k^j$, $k,j = 1,2$, где δ_k^j - символ Кронекера.

Рассмотрим физический смысл ее компонент:

$U_1^1(x,t)$ - это перемещение в стержне при действии импульсной сосредоточенной силы (в точке $x=0$): $F_1 = \delta(x)\delta(t)$, $F_2 = 0$;

$U_1^2(x,t)$ - это перемещение в стержне при действии сосредоточенного импульсного температурного источника: $F_1 = 0$, $F_2 = \delta(x)\delta(t)$;

$U_2^1(x,t)$ - это температура стержня при действии импульсной сосредоточенной силы: $F_1 = \delta(x)\delta(t)$, $F_2 = 0$;

$U_2^2(x,t)$ - это температура стержня при действии сосредоточенного импульсного температурного источника: $F_1 = 0$, $F_2 = \delta(x)\delta(t)$.

Для ее построения используем прямое и обратное преобразование Фурье по x, t , которое для регулярных функций имеет вид:

$$\bar{u}(\xi, \omega) = \iint_{R^2} u(x,t) e^{i(\xi x + \omega t)} dx dt, \quad u(x,t) = \iint_{R^2} \bar{u}(\xi, \omega) e^{-i(\xi x + \omega t)} dx dt \quad (3)$$

В пространстве преобразований Фурье, как следует из (1), трансформанта Фурье $\bar{U}_k^j(x,t)$ матрицы фундаментальных решений $U_k^j(x,t)$ удовлетворяет следующей системе уравнений:

$$\begin{cases} (\omega^2 - c^2 \xi^2) \bar{U}_1^j + i \tilde{\gamma} \xi \bar{U}_2^j = -\delta_1^j \\ (ik^{-1} \omega - \xi^2) \bar{U}_2^j = -\delta_2^j \end{cases} \quad (4)$$

разрешая которую, получим:

$$\bar{U}_1^j = \frac{\delta_1^j (\xi^2 - ik^{-1} \omega) + i \xi \tilde{\gamma} \delta_2^j}{\Delta(\xi, \omega)}, \quad \bar{U}_2^j = \frac{\delta_2^j (c^2 \xi^2 - \omega^2)}{\Delta(\xi, \omega)}, \quad i,j=1,2 \quad (5)$$

где определитель системы (4) имеет вид:

$$\Delta(\xi, \omega) = (\xi^2 - ik^{-1} \omega)(c^2 \xi^2 - \omega^2). \quad (6)$$

Графики действительной и мнимой части комплексной трансформанты матрицы фундаментальных решений представлены на рисунках 1-4.

Численное обращение трансформант преобразования Фурье по второй формуле (3) невозможно, т.к. трансформанты Фурье (5) представляют собой целый класс фундаментальных решений, которые определяются с точностью до решения однородной системы уравнений (1)

$(F_j(x, t) = 0, j=1,2)$. В вычислительном плане это проявляется в наличии неинтегрируемых особенностей при действительных (ξ, ω) , что делает интегралы при обратном преобразовании расходящимися. Для построения обратного преобразования следует регуляризовать формулы (5), которые определяются особенностями оригинала матрицы фундаментальных решений $U_i^j(x, t)$.

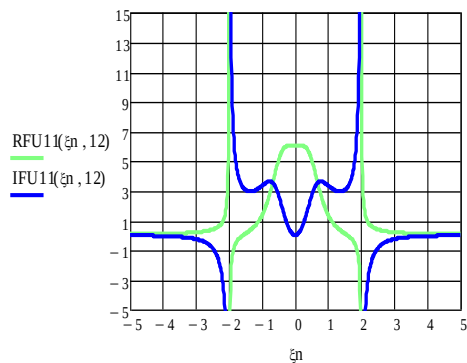


График 1.

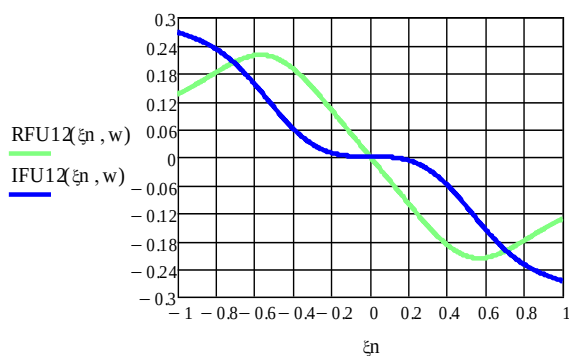


График 2.

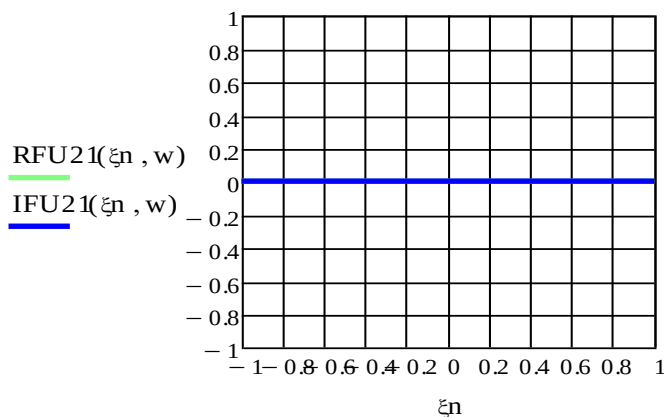


График 3.

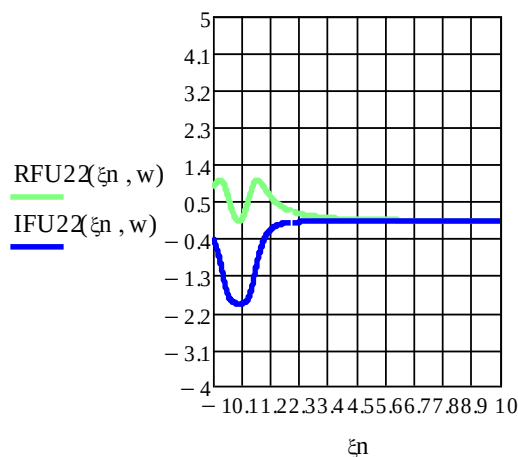


График 4

Численное обращение трансформант преобразования Фурье по второй формуле (3) невозможно, т.к. трансформанты Фурье (5) представляют собой целый класс фундаментальных решений, которые определяются с точностью до решения однородной системы уравнений (1) $(F_j(x, t) = 0, j=1,2)$. В вычислительном плане это проявляется в наличии неинтегрируемых особенностей при действительных (ξ, ω) , что делает интегралы при обратном преобразовании расходящимися. Для построения обратного преобразования следует регуляризовать формулы (5), которые определяются особенностями оригинала матрицы фундаментальных решений $U_i^j(x, t)$. В частности, необходимо, чтобы $U_i^j(x, t) = 0$ при $t < 0$

(7)

Для выбора регуляризации $\bar{U}_k^j(\xi, \omega)$ представим матрицу в более удобном для исследования виде. Для этого разложим $\Delta(\xi, \omega)$ на множители:

$$\Delta(\xi, \omega) = c^2 \xi^4 - \omega(\omega + ik^{-1}c^2 + i\tilde{\gamma})\xi^2 + ik^{-1}\omega^3 = c^2(\xi^2 - \lambda_1)(\xi^2 - \lambda_2), \quad (8)$$

$$\text{где} \quad \lambda_{1,2} = \frac{\omega}{2c^2} \left\{ (\omega + ic^2k^{-1}) \pm \sqrt{(\omega + ic^2k^{-1})^2 - 4i\omega c^2k^{-1}} \right\}.$$

Здесь λ_1 и λ_2 (соответственно верхнему и нижнему знакам) – корни квадратного относительно ξ^2 уравнения: $\Delta(\xi, \omega) = 0$, которые зависят только от двух параметров среды $\beta = c^2k^{-1}$ и c :

$$\lambda_1 = \frac{\omega}{2c^2} \{ \omega + ic^2 k^{-1} + \omega - ic^2 k^{-1} \} = \frac{\omega^2}{c^2}, \quad \lambda_2 = \frac{\omega}{2c^2} \{ \omega + ic^2 k^{-1} - \omega + ic^2 k^{-1} \} = i\omega k^{-1}.$$

Используя представление $\Delta(\xi, \omega)$ в (8), получим из (5) для $\bar{U}_k^j$ в более удобном для восстановления оригинала виде:

$$\begin{aligned} \bar{U}_1^j &= \frac{\delta_1^j (\xi^2 - i\omega k^{-1}) + \delta_2^j i\xi\tilde{\gamma}}{c^2(\lambda_1 - \lambda_2)} \left\{ \frac{1}{\xi^2 - \lambda_1} - \frac{1}{\xi^2 - \lambda_2} \right\} \\ \bar{U}_2^j &= \frac{\delta_2^j (c^2 \xi^2 - \omega^2)}{c^2(\lambda_1 - \lambda_2)} \left\{ \frac{1}{\xi^2 - \lambda_1} - \frac{1}{\xi^2 - \lambda_2} \right\} \end{aligned} \quad (9)$$

Выражениям, стоящих в числителях формул (9) в пространстве оригиналов соответствуют следующие дифференциальные операторы:

$$\begin{aligned} \delta_1^j (\xi^2 - i\omega k^{-1}) + i\xi\tilde{\gamma}\delta_2^j &\Leftrightarrow \delta_1^j (k^{-1}\partial_t - \partial_x \partial_x) - \tilde{\gamma}\delta_2^j \partial_x \\ \delta_2^j (c^2 \xi^2 - \omega^2) &\Leftrightarrow \delta_2^j (\partial_t - c^2 \partial_x \partial_x) \end{aligned} \quad (10)$$

Подставляя полученные выше значения для λ_1, λ_2 в соотношение (9), имеем:

$$\begin{aligned} \bar{U}_1^j &= \frac{\delta_1^j (\xi^2 - i\omega k^{-1}) + i\xi\tilde{\gamma}\delta_2^j}{c^2 \left(\frac{\omega^2}{c^2} - i\omega k^{-1} \right)} \left\{ \frac{1}{\xi^2 - \frac{\omega^2}{c^2}} - \frac{1}{\xi^2 - i\omega k^{-1}} \right\} \\ \bar{U}_2^j &= \frac{(\xi^2 c^2 - \omega^2)\delta_2^j}{c^2 \left(\frac{\omega^2}{c^2} - i\omega k^{-1} \right)} \left\{ \frac{1}{\xi^2 - \frac{\omega^2}{c^2}} - \frac{1}{\xi^2 - i\omega k^{-1}} \right\} \end{aligned} \quad (11)$$

В уравнениях (11) переходя к простым дробям, затем обращая их, получим следующие

соотношения:

$$-\frac{1}{i\omega} \rightarrow H(t), \quad \frac{1}{i\omega + c^2 k^{-1}} \rightarrow H(t) e^{-\frac{c^2}{k}t}, \quad \frac{1}{\xi^2 - \frac{\omega^2}{c^2}} \rightarrow cH(ct - |x|), \quad \frac{1}{\xi^2 - i\omega k^{-1}} \rightarrow \frac{H(t)k}{2\sqrt{\pi kt}} e^{-\frac{x^2}{4kt}}.$$

Рассмотрим свертки полученных оригиналов соответствующими функциями числителя формулы (11) по отдельности:

$$\begin{aligned} 1) H(t) * H(t) e^{-\frac{c^2}{k}t} &= \int_{-\infty}^{\infty} H(t-\tau) H(\tau) e^{-\frac{c^2}{k}\tau} d\tau = H(t) \int_0^t e^{-\frac{c^2}{k}\tau} d\tau = -\frac{k}{c^2} H(t) e^{-\frac{c^2}{k}\tau} \Big|_0^t = -\frac{k}{c^2} H(t) \left(e^{-\frac{c^2}{k}t} - 1 \right) \\ 2) -\frac{k}{c^2} H(t) \left(e^{-\frac{c^2}{k}t} - 1 \right) * cH(ct - |x|) &= -\frac{k}{c} H(t) \left(e^{-\frac{c^2}{k}t} - 1 \right) * H(ct - |x|) = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -\frac{k}{c} \left\{ \int_{-\infty}^{\infty} H(t-\tau) e^{-\frac{c^2}{k}(t-\tau)} H(c\tau-|x|) d\tau - \int_{-\infty}^{\infty} H(t-\tau) H(c\tau-|x|) d\tau \right\} = -\frac{k}{c} H(ct-|x|) \left\{ -\frac{k}{c^2} e^{-\frac{c^2}{k}(t-\tau)} \left| \frac{t}{c} - \tau \right| \frac{|x|}{c} \right\} = \\
 & -\frac{k}{c} H(ct-|x|) \left\{ -\frac{k}{c^2} + \frac{k}{c^2} e^{-\frac{c^2}{k}t + \frac{c|x|}{k}} - t + \frac{|x|}{c} \right\} = \frac{k}{c} H(ct-|x|) \left\{ \frac{k}{c^2} \left(1 - e^{\frac{c}{k}(|x|-ct)} \right) + t - \frac{|x|}{c} \right\} \\
 & 3) -\frac{k}{c^2} H(t) \left(e^{-\frac{c^2}{k}t} - 1 \right) * \frac{kH(t)}{2\sqrt{\pi k t}} e^{-\frac{x^2}{4kt}} = -\frac{k^2}{2c^2\sqrt{\pi k}} H(t) \left\{ \int_0^t \frac{e^{-\frac{c^2}{k}(t-\tau)} e^{-\frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} d\tau - \int_{-\infty}^{\infty} H(t-\tau) \frac{e^{-\frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} H(\tau) d\tau \right\} = \\
 & AH(t) \left\{ \int_0^t \frac{e^{-\left(\frac{c^2}{k}(t-\tau) + \frac{x^2}{4k\tau}\right)}}{\sqrt{\tau}} d\tau - \int_0^t \frac{e^{-\frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} d\tau \right\} = AH(t) \left\{ e^{-\frac{c^2}{k}t} \int_0^t \frac{e^{\frac{c^2}{k}\tau - \frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} d\tau - \int_0^t \frac{e^{-\frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} d\tau \right\},
 \end{aligned}$$

где $A = -\frac{k^2}{2c^2\sqrt{\pi k}}$.

Введем новые обозначения:

$$\begin{aligned}
 \Sigma_1 &= \frac{k}{c} H(ct-|x|) \left[\frac{k}{c^2} \left(1 - e^{\frac{c}{k}(|x|-ct)} \right) + t - \frac{|x|}{c} \right], \\
 \Sigma_2 &= AH(t) \left\{ e^{-\frac{c^2}{k}t} \int_0^t \frac{e^{\frac{c^2}{k}\tau - \frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} d\tau - \int_0^t \frac{e^{-\frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} d\tau \right\}, \quad \Sigma_3 = H(t) \int_0^t e^{-\frac{c^2}{k}\tau} d\tau.
 \end{aligned}$$

Выпишем матрицу фундаментальных решений через функций Σ_1 и Σ_2 и Σ_3 :

$$U_1^j = \delta_1^j k^{-1} \frac{\partial \Sigma_1}{\partial t} - \delta_1^j \frac{\partial^2 \Sigma_1}{\partial x^2} - \delta_2^j \tilde{\gamma} \frac{\partial \Sigma_1}{\partial x} - \delta_1^j \Sigma_3(t) + \delta_2^j \tilde{\gamma} \frac{\partial \Sigma_2}{\partial x} \quad (12)$$

$$U_2^j = \delta_2^j c^2 \Sigma_3(t) + \delta_2^j c^2 \frac{\partial^2 \Sigma_2}{\partial x^2} - \delta_2^j \frac{\partial^2 \Sigma_2}{\partial t^2}.$$

Найдем частные производные этих функций:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \Sigma_1}{\partial x} &= \frac{k}{c} [\delta(x+ct) - \delta(x-ct)] \cdot \overbrace{\left[\frac{k}{c^2} \left(1 - e^{\frac{c}{k}(|x|-ct)} \right) + t - \frac{|x|}{c} \right]}^{=0} + \frac{k}{c} H(ct-|x|) \left[-\frac{k}{c^2} e^{\frac{c}{k}(|x|-ct)} \frac{c}{k} \operatorname{sgn} x - \frac{\operatorname{sgn} x}{c} \right] = \\
 & -\frac{k}{c} H(ct-|x|) \left[\frac{1}{c} e^{\frac{c}{k}(|x|-ct)} \operatorname{sgn} x + \frac{\operatorname{sgn} x}{c} \right], \\
 \frac{\partial \Sigma_1}{\partial t} &= k \delta(ct-|x|) \left[\overbrace{\left[\frac{k}{c^2} \left(1 - e^{\frac{c}{k}(|x|-ct)} \right) + t - \frac{|x|}{c} \right]}^{=0} \right] + \frac{k}{c} H(ct-|x|) \left[-e^{\frac{c}{k}(|x|-ct)} + 1 \right] = -\frac{k}{c} H(ct-|x|) \left[e^{\frac{c}{k}(|x|-ct)} - 1 \right] \\
 \frac{\partial \Sigma_2}{\partial x} &= AH(t) \left\{ e^{-\frac{c^2}{k}t} \int_0^t \frac{e^{\frac{c^2}{k}\tau - \frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} \left(-\frac{x}{2k\tau} \right) d\tau - \int_0^t \frac{e^{-\frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} \left(-\frac{x}{2k\tau} \right) d\tau \right\} = -AH(t) \left\{ e^{-\frac{c^2}{k}t} \int_0^t \frac{e^{\frac{c^2}{k}\tau - \frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} \frac{x}{2k\tau} d\tau - \int_0^t \frac{e^{-\frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} \frac{x}{2k\tau} d\tau \right\}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \Sigma_2}{\partial t} &= A \delta(t) \overbrace{\left\{ e^{-\frac{c^2}{k}t} \int_0^t \frac{e^{\frac{c^2}{k}\tau - \frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} d\tau - \int_0^t \frac{e^{-\frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} d\tau \right\}}^{=0} + AH(t) \left\{ \left[-\frac{c^2}{k} e^{-\frac{c^2}{k}t} \int_0^t \frac{e^{\frac{c^2}{k}\tau - \frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} d\tau + e^{-\frac{c^2}{k}t} \frac{e^{\frac{c^2}{k}t - \frac{x^2}{4kt}}}{\sqrt{t}} - \frac{e^{-\frac{x^2}{4kt}}}{\sqrt{t}} \right] \right. \\ &\quad \left. - AH(t) \left\{ \frac{c^2}{k} e^{-\frac{c^2}{k}t} \int_0^t \frac{e^{\frac{c^2}{k}\tau - \frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} d\tau - e^{-\frac{c^2}{k}t} \frac{e^{\frac{c^2}{k}t - \frac{x^2}{4kt}}}{\sqrt{t}} + \frac{e^{-\frac{x^2}{4kt}}}{\sqrt{t}} \right\} \right\} = \\ \frac{\partial^2 \Sigma_1}{\partial x^2} &= -\frac{k}{c} [\delta(x+ct) - \delta(x-ct)] \cdot \left[\frac{1}{c} e^{\frac{c}{k}(|x|-ct)} \operatorname{sgn} x + \frac{\operatorname{sgn} x}{c} \right] - \frac{k}{c} H(ct-|x|) \left\{ \frac{1}{c} \left(\frac{c}{k} e^{\frac{c}{k}(|x|-ct)} \operatorname{sgn}^2 x + e^{\frac{c}{k}(|x|-ct)} 2\delta(x) \right) + \frac{2}{c} \delta(x) \right\} = \\ &= \frac{k}{c} H(ct-|x|) \left\{ \frac{1}{c} \left(\frac{c}{k} e^{\frac{c}{k}(|x|-ct)} \operatorname{sgn}^2 x + e^{\frac{c}{k}(|x|-ct)} 2\delta(x) \right) + \frac{2}{c} \delta(x) \right\} \\ \frac{\partial^2 \Sigma_2}{\partial x^2} &= -AH(t) \left\{ e^{-\frac{c^2}{k}t} \int_0^t \frac{e^{\frac{c^2}{k}\tau - \frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} \left(-\frac{x}{2k\tau} \right) \frac{x}{2k\tau} d\tau + e^{-\frac{c^2}{k}t} \int_0^t \frac{e^{\frac{c^2}{k}\tau - \frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} \frac{1}{2k\tau} d\tau - \int_0^t \frac{e^{-\frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} \left(-\frac{x}{2k\tau} \right) \frac{x}{2k\tau} d\tau - \int_0^t \frac{e^{-\frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} \frac{1}{2k\tau} d\tau \right\} = \\ &= AH(t) \left\{ e^{-\frac{c^2}{k}t} \left[\int_0^t \frac{x^2}{4k^2\tau^2\sqrt{\tau}} \left(e^{\frac{c^2}{k}\tau - \frac{x^2}{4k\tau}} \right) - \int_0^t \frac{1}{2k\tau\sqrt{\tau}} \left(e^{\frac{c^2}{k}\tau - \frac{x^2}{4k\tau}} \right) \right] - \left[\int_0^t \frac{x^2}{4k^2\tau^2\sqrt{\tau}} e^{-\frac{x^2}{4k\tau}} d\tau - \int_0^t \frac{1}{2k\tau\sqrt{\tau}} e^{-\frac{x^2}{4k\tau}} d\tau \right] \right\} = \\ &= \frac{AH(t)}{2k} \left\{ e^{-\frac{c^2}{k}t} \left[\int_0^t \frac{e^{\frac{c^2}{k}\tau - \frac{x^2}{4k\tau}}}{\tau\sqrt{\tau}} \left(\frac{x^2}{2k\tau} - 1 \right) d\tau \right] - \int_0^t \frac{e^{-\frac{x^2}{4k\tau}}}{\tau\sqrt{\tau}} \left(\frac{x^2}{2k\tau} - 1 \right) d\tau \right\} \\ \frac{\partial^2 \Sigma_2}{\partial t^2} &= A \delta(t) \overbrace{\left\{ \frac{c^2}{k} e^{-\frac{c^2}{k}t} \int_0^t \frac{e^{\frac{c^2}{k}\tau - \frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} d\tau - e^{-\frac{c^2}{k}t} \frac{e^{\frac{c^2}{k}t - \frac{x^2}{4kt}}}{\sqrt{t}} + \frac{e^{-\frac{x^2}{4kt}}}{\sqrt{t}} \right\}}^{=0} - \\ &AH(t) \left\{ \left[\frac{c^2}{k} e^{-\frac{c^2}{k}t} \left(-\frac{c^2}{k} \right) \int_0^t \frac{e^{\frac{c^2}{k}\tau - \frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} d\tau + \frac{c^2}{k} e^{-\frac{c^2}{k}t} \frac{e^{\frac{c^2}{k}t - \frac{x^2}{4kt}}}{\sqrt{t}} \right] - \left[e^{-\frac{c^2}{k}t} \left(-\frac{c^2}{k} \right) \frac{e^{\frac{c^2}{k}t - \frac{x^2}{4kt}}}{\sqrt{t}} + e^{-\frac{c^2}{k}t} \left(\frac{e^{\frac{c^2}{k}t - \frac{x^2}{4kt}}}{\sqrt{t}} \right) \left(-\frac{x^2}{4k} \right) \left(-\frac{1}{t^2} \right) + \frac{e^{-\frac{x^2}{4kt}}}{\sqrt{t}} \left(-\frac{x^2}{4k} \right) \left(-\frac{1}{t^2} \right) \right] \right\} = \\ &AH(t) \left\{ \frac{c^4}{k^2} e^{-\frac{c^2}{k}t} \int_0^t \frac{e^{\frac{c^2}{k}\tau - \frac{x^2}{4k\tau}}}{\sqrt{\tau}} d\tau - \frac{c^2}{k} e^{-\frac{c^2}{k}t} \frac{e^{\frac{c^2}{k}t - \frac{x^2}{4kt}}}{\sqrt{\tau}} - \frac{1}{k} e^{-\frac{c^2}{k}t} \frac{e^{\frac{c^2}{k}t - \frac{x^2}{4kt}}}{\sqrt{t}} \left(c^2 - \frac{x^2}{4t^2} \right) - \frac{x^2}{4kt^2} \frac{e^{-\frac{x^2}{4kt}}}{\sqrt{t}} \right\} \end{aligned}$$

Закключение:

1. Рассмотрен термоупругий стержень, который характеризуется линейной плотностью, скоростью распространения упругих волн в стержне и термоупругими константами.

2. Получены фундаментальные решения уравнений несвязанной термоупругости в пространственно-одномерном случае, описывающих динамику стержней с учетом их термоупругих свойств при продольных колебаниях. Исследуются продольные перемещения сечений стержня и

температурное поле.

3. Рассмотрен случай нестационарных колебаний, для которых наряду с аналитическими формулами приведены графики расчетов матрицы фундаментальных решений, характеризующих термонапряженное состояние стержня при действиях сосредоточенных силовых и тепловых источников колебаний для разных значений термоупругих констант среды и частот колебаний.

4. Представлены графики действительной и мнимой части комплексной трансформанты матрицы фундаментальных решений.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Потапкин А.А. Проектирование стальных мостов с учетом пластических деформации. М. Изд-во: Транспорт, 1984. – 200 с.
- [2] Чернов Н.Л., Стрелецкий Н.Н., Любаров Б.И. Расчеты стальных конструкций на прочность по критериям ограниченных пластических деформаций// Известия вузов. Строительство и архитектура. – 1984. - №7. – С.1-9.
- [3] Тарковский А.М. Математическое моделирование в конструкции РЭС. Монография. Изд-во: Пензенский госуд. техн.ун-та, Пенза, 1995. - 112с.
- [4] Таньков Г.В., Трусов В.А., Затылкин А.Н. Исследование моделей стержневых конструкций радиоэлектронных средств// Труды межд.симпозиума «Надежность и качество». - Пенза, 2005.- С.1-4.
- [5] Филипов В.В., Корнилов Т.А., Посельский Ф.Ф. Эксплуатация надежности металлических конструкций и сооружений производственных зданий в экстремальных условиях Севера. М.: Физматлит, 2012. – 436 с.
- [6] Турищев А.А. К расчету плоских стержневых конструкций с учетом разномодульности материала// Промышленность. Прикладные науки. - Новополюцк, 2011. - №11. - С.43-47.
- [7] Серпин И.Н., Алексейцев и др. Плоские стержневые системы: оптимизация с контролем общей устойчивости// Инженерно-строительный журнал.- 2012. - №8 (76) . - С.181-192.
- [8] Кирсанов М.Н. Аналитический расчет пространственной стержневой системы// Журнал Строительная механика инженерных конструкций и сооружений - 2012. №1. - С.49-53.
- [9] Михайлов В.В., Сергеев М.С.Пространственные стержневые конструкции покрытия (структуры) . Учебное пособие. Изд-во:Владим. гос.ун-та. Владимир, 2011. – 56 с.
- [10] Горев В.В. и др. Металлические конструкции. Учебное пособие в 3-х томах. М.: Высш.школа, 2002 – 424с.
- [11] Павлов А.С. Метод конечных элементов в статистике стержневых конструкций. Курс лекций. Изд-во:Балт.гос.техн.ун-т. – СПб, 2013. – 72с.
- [12] Новацкий В. Теория упругости. - М.:Мир, 1975. – 872 с.
- [13] Владимиров В.С. Уравнения математической физики. - М.:Наука, 1988. - 512с.
- [14] Алексеева Л.А., Ахметжанова М.М. Фундаментальные и обобщенные решения уравнений динамики термоупругих стержней. Стационарные колебания. Математический журнал. - 2014. - №2(52). - С.5-20.
- [15] Alexeyeva L.A., Alipova B.N., Dadayeva A.N. Shock waves as generalized solutions of thermoelastodynamics equations. On the uniqueness of boundary value problems solutions. American Institute of Physics Conference Proceeding. USA, Maryland, College Park.— 2017. – V. 1798.- P. 020003-1-020003.

Алексеева Л.А., Дадаева А.Н., Айнакеева Н.Ж.

Термосерпимді түтікшелер динамикасы тендеулерінің іргелі шешімдері

Резюме. Сзықтық тығыздықпен, түтікшедегі серпимді толқындардың таралу жылдамдығымен және термосерпимділік тұрақтыларымен сипатталатын термосерпимді түтікше қарастырылады. Түтікше қималарының бойлық қорын ауыстыруы (жылжуы) және температуралық өріс зерттеледі. Бұл жұмыста (мақалада) кеңістіктің бір өлшемді жағдайында термосерпимділіктегі бойлық тербелістер қасиеттерін ескере отырып түтікшенің динамикасын сипаттайтын реттелмейтін (байланыссыз) термосерпимділіктің іргелі шешімдері алынды. Стационарлы емес тербеліс жағдайында орта және тербелу жиіліктерінің термосерпимділік тұрақтыларының әртүрлі мәндері үшін жинақталған күш пен жылулық тербеліс көздерінің әсерінен түтікшенің термокернеулі (термиялық) күйін сипаттайтын аналитикалық формулалармен бірге іргелі шешімдер матрицасын есептеу графиктері келтірілген. Іргелі шешімдер матрицасының комплекс (кешенді) трансформантаның нақты және жорамал бөліктерінің графиктері көрсетілген.

Кілттік сөздер. термосерпимді түтікше, реттелмейтін (байланыссыз) термосерпимділік, температура, орта қозғалысы, кернеулер, іргелі шешімдер.

Alexeyeva L.A., Dadayeva A.N., Айнакеева Н.Ж.

Fundamental solutions of equations the dynamics of thermoelague rods

Summary: We consider a thermoelastic rod, which is characterized by a linear density, the velocity of propagation of elastic waves in the rod, and thermoelastic constants. The longitudinal displacements of the rod sections and the temperature field are investigated. In this paper, fundamental solutions of the equations of non-connected thermoelasticity in the spatially one-dimensional case are obtained, describing the dynamics of the rods, taking into account the thermoelastic properties for longitudinal vibrations. The case of nonstationary oscillations for which along with analytic formulas are given are graphs of calculations of the matrix of fundamental solutions characterizing the thermally stressed state of the rod under the action of concentrated force and thermal oscillation sources for different values of the thermoelastic constants of the medium and vibration frequencies. The graphs of the real and imaginary parts of the complex transformant of the matrix of fundamental solutions are presented.

Keywords: thermoelastic rod, unbound thermoelasticity, temperature, medium displacement, stresses, fundamental solutions.

Работа выполнена в рамках проекта №AP05132272 «Краевые задачи динамики деформируемых твердых и электро-магнитных сред и их решение». Проект ведется в Институте математики и математического моделирования МОН РК. Рук-ль проф., д.ф.-м.н. Алексея Л.А. Грантовое финансировании МОН РК на период с 2018-2020гг.

ӘОЖ 512.8

M. Besbayeva

(M.Kh.Dulaty Taraz State University Taraz, Kazakhstan marzhan.besbayeva@gmail.com)

**DEFINITION OF OWN NUMBERS OF THE STURM-LIOUVILLE
BOUNDARY VALUE PROBLEM**

Abstract. This article discusses the values of Sturm-Liouville problem and its own values, which are nonzero solutions. It is considered that the method of determining the number of boundary problems of Sturm-Liouville boundary, based on the actual use of the definite (methods of separation variables) and the approximate analytical (measured incompatibility) methods. The high precision of the obtained solutions and the increase of approximate numbers show the conjugacy of the definitely solutions.

Key words: differential equation, own number, orthogonal, coefficient, boundary condition.

М. Бесбаева

(М.Х. Дулати атындағы Тараз Мемлекеттік Университеті
Тараз, Қазақстан marzhan.besbayeva@gmail.com)

ШТУРМ-ЛИУВИЛЬ ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕБІНІҢ МЕНШІКТІ САН АНЫҚТАМАСЫ

Аңдатпа: Бұл мақалада Штурм-Лиувиль есебінің нөлге тең емес шешімдері болатын мәндері және оның меншікті сандары жайында қарастырылған. Нақты (айнымалыларды бөлу әдісі) және жуық аналитикалық (өлшенген үйлеспеушілік) әдістерді бірлесіп пайдалануға негізделген Штурм-Лиувиль шекаралық есептерінің меншікті санын анықтау әдістемесі қолданылатыны айтылған. Алынатын шешімдердің жоғары дәлдігі және жуық сандарының көбеюі кезінде нақты шешімнің жинақтылығы көрсетілген.

Кілттік сөздер: дифференциалдық теңдеу, меншікті сан, ортогональ, коэффициент, шекаралық шарт.

Қазіргі таңда Штурм-Лиувиль есебі кеңінен қолданылуда. Себебі Штурм-Лиувиль есебі математикалық физика саласында айрықша орын алады және кеңінен қолданылады. Штурм-Лиувиль есебін толық зерттеу үшін алдымен айнымалыларды бөлу әдісін зерттеп алған жөн. Айнымалыларды бөлу әдісінде ізделінетін шешім бастапқыда шекаралық есептің дифференциалдық теңдеуін қанағаттандырады. Шешімнің меншікті сандары және белгісіз коэффициенттері бастапқы және шекаралық шарттарын дәл орындаудан кейін пайда болады.

Дегенмен, барлық дифференциалдық теңдеулер үшін мұндай шарттарды қанағаттандыратын функциялар табыла бермейді. Бұл функциялар тек қарапайым сызықтық дифференциалдық теңдеулер үшін қолданылатын классикалық пішін денесіне (шар, пластина, цилиндр) сызықтық шекаралық шарттар сәйкес келген кезде пайдаланылады [1, 5].

Бұл мақалада Фурье әдісін және өлшенген байланыссыздықтар әдістерін (Бубнов – Галеркин ортогональ әдісі) бірлесіп пайдалану арқылы Штурм-Лиувилль есебін толық зерттеу қарастырылған [2]. Осы жағдайда теңдеуді қанағаттандыру оның байланыссыздығын құрастыру арқылы және өзіндік функцияның ортогональ байланыссыздығының талабын орындау арқылы жүзеге асады [3,7]. Бұл жағдайда бастапқы және шекаралық шарттардың түрлеріне шектеу қойылмайды. Нақты мысал ретінде ұзын пластина үшін жылуөткізгіштік есебінің бірінші реттік шарты қарастырылады:

$$\frac{\partial \theta}{\partial F_0} = \frac{\partial^2 \theta}{\partial \eta^2} \quad (F_0 > 0; 0 < \eta < 1) \quad (1)$$

$$\theta(\eta, 0) = 1 \quad (2)$$

$$\partial \theta(0, F_0) \partial \eta = 0 \quad (3)$$

$$\theta(1, F_0) = 0 \quad (4)$$

бұл жерде $\theta(\eta, F_0) = (T - T_{cm}) / (T_0 - T_{cm})$ – жуықталған артық температура; $T_{cm} - \eta = 1$ болған кездегі пластинаның температурасы; $\eta = 1$; $\eta = x / \partial$ – өлшемсіз координата; ∂ – пластина қалыңдығы; T_0 – бастапқы температура; $F_0 = a\tau / \partial$ – Фурье саны; a – жылуөткізгіштік коэффициенті; τ – уақыт [10,11].

(1)-(4) есептердің шешімі Фурье әдісіне сүйене отырып, мына түрде шешіледі:

$$\theta(\eta, F_0) = \varphi(F_0) \Psi(\eta) \quad (5)$$

(5) формуланы (1) орнына қойғанда, мынадай шешім шығады:

$$d\varphi(F_0) / dF_0 + \mu^2 \varphi(F_0) = 0 \quad (6)$$

$$d\Psi(\eta) / d\eta^2 + \mu^2 \Psi(\eta) = 0 \quad (7)$$

μ^2 – тұрақты айнымалы;

(6) теңдеудің шешімі мына түрге келеді:

$$\varphi(F_0) = A \exp(-\mu^2 F_0) \quad (8)$$

A – белгісіз коэффициент.

(7) Штурм-Лиувилль теңдеуі келесі түрде ұсынылады:

$$\Psi''(\eta) + Z \Psi(\eta) = 0 \quad (9)$$

$$Z = \mu^2.$$

(9) теңдеудің шекаралық шарттары (3), (4) сәйкес мына түрде көрсетіледі:

$$\Psi'(0) = 0 \quad (10)$$

$$\Psi(1) = 0 \quad (11)$$

Бірінші жуықтауда есептің шешімі келесі қатар түрінде ұсынылады:

$$\Psi(\eta) = C_0 + C_1 \eta + C_2 \eta^2 + C_3 \eta^3 + C_4 \eta^4 + \dots = \sum_{i=0}^n C_i \eta^i \quad (12)$$

$C_i, (i=0, n)$ (10), (11) шекаралық шарттардан анықталатын белгісіз тұрақтылар. Осы жұмыстың мақсаты – бес меншікті санды анықтау. Белгісіздер саны бес, ал шекаралық шарттар саны екі, сондықтан қосымша шекаралық шарттар енгізу қажет [13, 4]. Ол үшін шекаралық шарттарды (9) теңдеуді шешу қажет және сонымен қатар $\eta = 0, \eta = 1$ нүктелерінде туынды тауып, ортақ теңдеуге қосу керек. Бұл қосымша шекаралық шарттардың түрлері:

$$\psi(0) = \text{const} = 1 \quad (13)$$

$$\psi''(1) = 0 \quad (14)$$

$$\psi'''(0) = 0 \quad (15)$$

(13) шекаралық шарт (10) шарттан туындайды.

(12) шартты (10), (11), (13) – (15) теңдеулердің орнына қойып, мынадай нәтижеге қол жеткізуге болады:

$$C_0 = 0; C_1 = 1; C_2 = -1, 2; C_3 = 0; C_4 = 0, 2.$$

(12) шарттың байланысы мына түрді қабылдайды

$$\Psi(\eta) = 1 - 1, 2\eta^2 + 0, 2\eta^4 \quad (16)$$

Бірінші меншікті санды анықтау үшін (9) теңдеудің өлшенген байланыссыздығының интегралы табылады

$$\int_0^1 [\Psi''(\eta) + \lambda \Psi(\eta)] d\eta = 0 \quad (17)$$

(16) теңдеудің орнына (17) теңдеуді қойып, жауабы $\lambda = 2,6$ болатын λ -ға қатысты сызықтық алгебралық теңдеу шығады. Бірінші меншікті санның нақты мәні $\lambda_1 = 2,46740110027$. Меншікті функция (12) теңдеуден табылады.

Алғашқы екі меншікті функцияны табу үшін келесі негізгі және қосымша шекаралық шарттар пайдаланылады [12, 6]:

$$\Psi(0) = 1; \Psi'(0) = 0; \Psi''(0) = -\lambda; \Psi'''(0) = 0; \Psi^{IV}(0) = \lambda^2; \Psi(1) = 0; \Psi'(1) = 0 \quad (18)$$

$n=8$ кезінде (12) теңдеуді (18) теңдеудің орнына қойып, мынадай нәтижеге қол жеткізіледі:

$$C_0 = 1; C_1 = 0; C_2 = -0, 5\lambda; C_3 = 0; C_4 = \lambda^2 / 24; C_5 = \frac{39}{8} \lambda^2 + 1, 4\lambda - 3; C_6 = 2 - 0, 9\lambda - \frac{59}{12} \lambda^2.$$

C_i коэффициенттерін алмастырғаннан кейін (12) арақатынаста (теңдеудің (9) байланыссыздығы құралады және (12) функцияға байланыссыздықтың ортогональдылығы талап етіледі [8,14]. Осыдан меншік сандарды анықтау үшін алтыншы дәрежелі полином алынады. Полиномның алғашқы екі түбірі мына түрде беріледі

$$Z_1 = 2,46740110; Z_2 = 22,26983.$$

Штурм – Лиувилль есебі тек кейбір дискретті мәндерде Z (меншікті сандар) көрсетіледі, ал полиномның басқа бұл теңдеуге сәйкес келмейтін түбірлері қарастырылмайды. Осылайша, екінші жуықтауда бірінші меншікті сан үтірден кейінгі сегізінші таңбаға дейінгі нақты мәнімен сәйкес келеді. Екінші меншікті сан үтірден кейінгі екінші таңбаға дейінгі нақты мәнімен сәйкес (нақты мән $Z_2 = 22,20660990$).

(18) шартқа қосымша үш меншікті санды алу үшін шекаралық шарттың мына түрін қолданамыз

$$\Psi^{VI}(0) = -\lambda^3; \Psi^{VII}(0) = 0; \Psi^{VIII}(0) = \lambda^4; \Psi^{IX}(0) = 0; \Psi^X(0) = -\lambda^5 \quad (19)$$

Алғашқы үш меншікті сандар үшін (18), (19) шекаралық шарттар келесі мәнге ие болады:

$$\lambda_1 = 2,4674011001; \lambda_2 = 22,2066135; \lambda_3 = 62,055342.$$

Бұл жағдайда бірінші және екінші меншікті сандар өзінің үтірден кейінгі 10-нан 4-ке дейінгі нақты мәндерімен сәйкес келеді. Үшінші меншікті санның нақты мәні $\lambda_3 = 61,68502750$. Бес меншікті санды алу үшін келесі шекаралық шарттарды қосамыз:

$$\begin{aligned} \Psi^{XI}(0) &= 0; \Psi^{XII}(0) = \lambda^6; \Psi^{XIII}(0) = 0; \Psi^{XIV}(0) = -\lambda^7; \\ \Psi^{XV}(0) &= 0; \Psi^{XVI}(0) = \lambda^8; \Psi^{XVII}(0) = 0; \Psi^{XVIII}(0) = -\lambda^9; \\ \Psi^{XIX}(0) &= 0; \Psi^{XX}(0) = \lambda^{10}. \end{aligned} \quad (20)$$

Осы жағдайда

$\lambda_1 = 2,4674011002$; $\lambda_2 = 22,206610$; $\lambda_3 = 61,6850235$; $\lambda_4 = 120,90249$; $\lambda_5 = 201,0584$.
Бесінші және төртінші меншікті сандардың нақты мәндері.

$$\lambda_4 = 120,90265 ; \lambda_5 = 199,8595 .$$

(12), (8) теңдеуді (5) теңдеудің орнына қойып әр меншікті санның дербес шешімі алынады: $\Theta_i(\eta, F_0) = A_i \Psi_i(\eta, \lambda_i) \exp(-\lambda_i F_0)$, ($i = \overline{0,4}$). Әрбір дербес шешім (18), (19), (20) шекаралық шарттарды қанағаттандырады және $0 \leq \eta \leq 1$ аралығында (1) теңдеудің шарттарына жуықтап сәйкес келеді. Дербес шешімдердің қосындысы:

$$\Theta(\eta, F_0) = \sum_{i=0}^4 A_i \Psi_i(\eta, \lambda_i) \exp(-\lambda_i F_0) \quad (21)$$

алғашқы шарттарды қанағаттандырмайды. Алғашқы шарттарды қанағаттандыру үшін оның байланыссыздығы құрастырылады және әрбір функцияның байланыссыздық ортогональдылығы талап етіледі [9,15]:

$$\int_0^1 \left[\sum_{i=0}^4 A_i \Psi_i(\eta, \lambda_i) - 1 \right] \Psi_j(\eta, \lambda) d\eta = 0 \quad (j = \overline{0,4}) \quad (22)$$

A_K ($K = \overline{1,5}$) коэффициенттерін табу үшін (22) интегралын тауып, бес сызықтық алгебралық теңдеу алынады. Шешімі:

$$A_1 = 1,274366; A_2 = -0,427128;$$

$$A_3 = 0,257304; A_4 = -0,182685;$$

$$A_5 = 0,150535.$$

A_i ($i = \overline{0,4}$) келтірілген коэффициенттер меншікті санның дәлелденген шамасынан табылады.

Мақалада көрсетілген формулалар Штурм-Лиувилль есебін кең пайдалануға мүмкіндік беретінін, Штурм-Лиувилль есебінің маңызды және қолданысқа толық ие екені дәлелденген. Фурье әдісі және меншікті сандарды анықтау арқылы Штурм-Лиувилль есебін шешу жеңілдей түсті. Осы есепте Штурм-Лиувилль есебін қолдана отырып нақты нәтижеге қол жеткізгеніміз көрінеді.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Allegreto W. Sturm type theorems for solutions of elliptic nonlinear problems // Nonlinear Differ. Equ. Appl.-2000.- Vol.7.-P.309-321

[2] Ойнаров Р., Рамазанова Х.С. Весовые неравенства и осцилляционные свойства одного квазилинейного уравнения типа Штурма-Лиувилля // Спектральная теория и дифференциальные уравнения : матер. конф., посв. 100-летию Б.М.Левитана. – М., 2014. – С.114.

[3] Oinarov R., Tiryaki A., Ramazanov Kh.S. Sturm comparison theorems for half-linear equations with a damping term // Eurasian Mathematical Journal. -2015. – Vol. 6, №1. – P. 85-95.

[4] Мырзатаева К.Р., Рамазанова Х.С. Локальные условия сопряженности, осцилляторности полулинейного дифференциального уравнения второго порядка // Ғылым күніне орайластырылған “Дифференциалдық теңдеулер және математикалық физика” : халықар. ғыл. конф. еңбектері. – Алматы , 2014. – 170 б.

[5] Кураисов М.К. Айнымалы коэффициентті параболалық теңдеу үшін локалды емес шекаралық есеп // Қазақ Ұлттық Ғылым Академиясының Хабарлары. «физ.-мат.» сериясы. – Алматы , 2008. - №3 (259). – С. 34-38.

[6] Кангужин Б.Е. О единственности решения нелокальной по времени задачи для уравнения теплопроводности // Международный семинар «Неклассические уравнения математической физики». – Новосибирск, 2005.- С. 130-133.

- [7] Tyagi J. Generalizations of Sturm-Picone theorem for second order nonlinear differential equations // Taiwanese Journal of Mathematics. – 2013.- № 1(17). – P. 361-378.
- [8] Tiryaki A. Sturm-Picone type theorems for second – order nonlinear differential equations // Electronic J. Diff. Equations.-2014. - №146.- P.1-11.
- [9] Myrzatayeva K., Ramazanova Kh. S. Oscillatory conditions of the nonlinear second order differential equation // Abstracts of the «Second International Conference on Analysis and Applied Mathematics». – Shymkent, 2014. – P. 30-31.
- [10] Ершов А.А. К задаче об измерении электропроводности // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2013. – Т. 53.- № 6. – С. 1004-1007.
- [11] Nguyen Ngoc Trong, Le Xuan Truong. The Second -Order Riezs Transforms Related Schrödinger Operators Acting on BMO Type Spaces on the Stratified Lie Group // Springer. -2018. – Vol.46-no 3. – pp. 629-651.
- [12] Dongfang Li, Jiwei Zhang, Zhimin Zhang. Unconditionally Optimal Error Estimates of a Linearized Galerkin Method for Nonlinear Time Fractional Reaction - Subdiffusion Equations // Springer. -2018.- Vol. 76 – no 2. – pp. 848-866.
- [13] Xinghui Zhong, Qin Li. Galerkin Methods for Stationary Radiative Transfer Equations with Uncertain Coefficients // Springer. -2018. – Vol. 76. –no 2.- pp. 1105-1126.
- [14] N.P. Bondarenko. Necessary and Sufficient Conditions for the Solvability of the Inverse Problem for the Matrix Sturm-Liouville Operator // Springer. -2014. –Vol. 48. – no 2. – p.314.
- [15] Liubov S. Efremova , Gerhard Freiling. Numerical solution of inverse spectral problems for Sturm-Liouville operators with discontinuous potentials // Springer. -2013. – Vol. 11- no 11. –pp. 2044-2051.

Бесбаева М.Н.

Определение собственных чисел краевой задачи Штурма –Лиувилля

Резюме. В статье описана методика определения собственных чисел краевой задачи Штурма-Лиувилля, основанная на совместном использовании точных и приближенных аналитических методов. Показана высокая точность получаемых решений и хорошая сходимость к точному решению при увеличении числа приближений.

Ключевые слова : дифференциальное уравнение, собственное число, ортогональ, коэффициент, краевые условия.

Besbayeva M.N

Definition of own numbers of the Sturm-Liouville boundary value problem

Summary: In this article is described the method of of determining of own numbers of the Sturm – Liouville boundary value problem, which based on the combined use of exact and approximate analytical methods. The high accuracy of the solutions obtained and the good convergence to the exact solution are shown with increasing number of approximations.

Keywords: differential equation, own number, orthogonal, coefficient, boundary condition.

УДК: 622.831

E. K. Abdyldayev ², N.S.Zaurbekov ¹, R. A. Moldoshev ², N. D. Zaurbekova ³, D. M. Uipalakova ¹

(¹ Almaty Technological University, Almaty

² Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek

³ Kazakh State Women's Pedagogical University, Almaty)

INFORMATION SYSTEM IMPLEMENTATION MODEL ELASTOPLASTIC MEDIUM

Abstract. The article presents mathematical models and results of solving the geo-mechanical problem based on the information system and finite element method. The developed procedures and programs allow to solve a wide class of problems of mining production with the help of modern computers, in which it is necessary to determine the stress-strain state of rock mass weakened by workings in different mining and geological conditions. The components of the natural stress field are represented as field-dependent geo-mechanical structures and are taken into account in the program with the help of initial and boundary conditions. In this case, the boundary conditions can be given as zero or non-zero nodal forces or displacements (or mixed conditions). The inhomogeneity of the array is taken into account by models by introducing various strength and deformation characteristics (elastic modulus, Poisson's ratio, density,

adhesion and internal friction angle). The attenuation and disturbance surfaces in the array are simulated by layers of elements with corresponding reduced strength properties.

Key words: geomechanical problems, geomechanical structures of the field, mathematical models of geomechanical problems, heterogeneity of the array.

Э.К. Абдылдаев ¹, Н.С. Заурбеков ¹, Р.А. Молдошев ², Н.Д. Заурбекова ³, Д.М. Уйпалакова ¹.

(¹ Алматинский технологический университет, Алматы)

²Кыргызский государственный технический университет им. И. Раззакова, Бишкек.

³Казахский Государственный женский педагогический университет, Алматы)

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Аннотация. В статье приведены математические модели и результаты решения геомеханической задачи на основе информационной системы и метода конечных элементов. Разработанные процедуры и программы позволяют решать с помощью современных компьютеров широкий класс задач горного производства, в которых требуется определять напряженно-деформированное состояние породного массива, ослабленного выработками в разных горнотехнических и горногеологических условиях. Компоненты естественного поля напряжений представляются в виде зависящих от геомеханических структур месторождения и в программе учитываются с помощью начальных и граничных условий. При этом граничные условия могут быть заданы в виде нулевых или ненулевых узловых сил или перемещений (или же смешанных условий). Неоднородность массива учитываются по моделям путем введения различных прочностных и деформационных характеристик (модуль упругости, коэффициент Пуассона, плотность, сцепление и угол внутреннего трения). Поверхности ослабления и нарушения в массиве имитируются слоями элементов с соответствующими пониженными прочностными свойствами.

Ключевые слова: геомеханические задачи, геомеханические структуры месторождения, математические модели геомеханической задачи, неоднородность массива.

Введение

Бурное развитие современной информационной системы, технологии и широкое внедрение математических методов в прикладные исследования, а также рост числа выпускаемой вычислительной техники и повышение ее оперативной памяти, скорости вычисления и качества, привели к широкому использованию персональных компьютеров (ПК) во многих сферах деятельности человека. На современном этапе успешное решение большинства научно-технических задач в значительной степени зависит от умения применять ПК. Для этого существует не только мощные, универсальные компьютеры и сети Интернет, но и хорошо разработанный математический аппарат, и арсенал соответствующих численных методов.

Метод конечных элементов (МКЭ) представляет собой синтез новейших достижений механики сплошных сред и численных методов математики. Он получил исключительно широкое применение в различных областях физики и техники, главным образом при анализе напряженно-деформированного состояния. Принципиально новые возможности МКЭ открывает в механике горных пород и грунтов [1-6]. До его появления решение геотехнических задач было возможно лишь в упругой постановке, либо методами предельного равновесия – и то при достаточно простых граничных условиях. Большинство неупругих задач не поддаются аналитическому решению, вследствие чего во многих случаях нагрузки на грунт искусственно ограничиваются упругой фазой деформирования.

Объекты и методы исследований

Горные предприятия в отличие от многих других промышленных объектов и сооружений (металлургических, машиностроительных, химических заводов и др.) являются природно-технологическими комплексами. Параметры и показатели экономической эффективности горных предприятий определяются для данного уровня техники в основном природными факторами (строением и размерами месторождений, рельефом местности, гидрологическими условиями и др.) и допустимым воздействием их на окружающую среду. Необходимо отметить, что на современном этапе развития горной науки это дифференциации горной науки, возникновение ее новых отраслей и подразделений на базе ее интеграции со смежными областями науки и техники. Поиск и научное

обоснование методов рационального и комплексного использования недр, обеспечивают их комфортные условия труда и оптимальное состояние природной среды. На современном этапе количественно решать задачи, возникающие, например, при разработке полезных ископаемых, можно только применительно к определенным, идеальным месторождениям. Поэтому для придания практического значения таким "количественным" решениям допущения, лежащие в основе анализа, должны, в соответствии с принятыми величинами, согласовываться с естественными условиями.

Развитие информационных и коммуникационных технологий, повсеместное внедрение автоматизации и дистанционного управления горными машинами и агрегатами являются приоритетными направлениями совершенствования подземной техники. Дифференциация горной науки на базе ее интеграции со смежными областями науки и техники и в то же время - это синтез горных наук в единую систему знаний для поиска методов рационального и комплексного использования недр, обеспечивающих комфортные условия труда и оптимальное состояние природной среды. Цель горной науки - не только в описании, объяснении условий средств и способов разведки добычи и первичной переработки полезных ископаемых, но главным образом в поиске методов исследований, путей их совершенствования и изменения для облегчения условий труда и повышения экономичности производства. Горная наука сегодня - это сложный, развивающийся комплекс научных дисциплин. Все процессы и явления, происходящие при разведке, добыче и переработке полезных ископаемых, содержат внутренние и внешние противоречия, открытие, исследование и разрешение которых является главной задачей горной науки.

Результаты исследования

Общая блок-схема реализации модели неупругой среды приведена на рисунке 1. Ввод информации и формирования матрицы жесткости системы (МЖС) производится в прежнем порядке [7-10]. Дополнительно лишь предусматривается резервирование поля для хранения «начальных» напряжений (по три компонента на каждый элемент). В это поле должны быть засланы нули.

В излагаемой процедуре получение упруго-пластического решения основано на многократном повторении упругих решений с изменяемыми величинами узловых сил, а матрица жесткости системы остается при этом постоянной. Поэтому обращение матрицы жесткости производится лишь однократно. Первоначально решается упругая задача при заданных значениях узловых сил и прочих граничных условий. Затем в каждом из элементов производятся последовательно следующая процедура. По найденным перемещениям узлов вычисляются деформации $\{\varepsilon\}$ и упругие напряжения $\{\sigma^y\}$. Вычисляются главные деформации $\{\varepsilon_{gl}\}$ по формулам:

$$\{\varepsilon_{gl}\} = \begin{cases} \varepsilon_1 = \frac{\varepsilon_x + \varepsilon_y}{2} + \frac{1}{2} \sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + \gamma_{xy}^2}; \\ \varepsilon_3 = \frac{\varepsilon_x + \varepsilon_y}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + \gamma_{xy}^2}; \\ \theta = \frac{1}{2} \arctg\left(\frac{\gamma_{xy}}{\varepsilon_x - \varepsilon_y}\right) \end{cases}$$

Определяются «фактические» напряжения в элементе, представляющие собой разницу между «упругими» и ранее накопленными начальными» напряжениями:

$$\{\sigma^{\Phi}\} = \{\sigma^Y\} - \{\sigma^H\} = \begin{Bmatrix} \sigma_X^Y - \sigma_X^H \\ \sigma_Y^Y - \sigma_Y^H \\ \tau_{XY}^Y - \tau_{XY}^H \end{Bmatrix}$$

На первом шаге решения $\{\sigma^H\} = \{0, 0, 0\}$ По известным главным деформациям $\{\varepsilon_{gl}\}$ с помощью деформационной модели, вычисляются «теоретические» главные напряжения $\{\sigma_1^T\}$ и $\{\sigma_3^T\}$ Теоретические главные напряжения соосны с главными деформациями $\{\sigma_{gl}^T\} = \{\sigma_1^T, \sigma_3^T, \theta\}$. По формулам поворота осей координат вычисляются «теоретические» напряжения в координатных осях σ^T :

$$\sigma_Y^T = \sigma_1^T \sin^2 \theta + \sigma_3^T \cos^2 \theta$$

$$\sigma_Y^T = \sigma_1^T \sin^2 \theta + \sigma_3^T \cos^2 \theta$$

$$\tau_{XY} = \frac{\sigma_1^T - \sigma_3^T}{2} \sin^2 \theta$$

Далее вычисляются дополнительные «начальные напряжения», которые будут приложены к элементу в следующем цикле итерации:

$$\{\sigma_{don}^H\} K(\{\sigma^{\Phi}\} - \{\sigma^T\}),$$

где K — коэффициент «ускорения». Экспериментально подобрано значение $K=1,5$. Дополнительные начальные напряжения от текущего цикла итерации $\{\sigma_{don}^H\}$ добавляются к ранее накопленным напряжениям $\{\sigma^H\}$:

$$\{\sigma^H\} = \{\sigma^H\} + \{\sigma_{don}^H\}$$

На первом цикле итерации, очевидно, что $\{\sigma^H\} = 0$.

Вычисляются шесть компонентов дополнительных «начальных» узловых сил в трех вершинах элемента по формуле

$$\{F_{don}^H\} = \Delta[A]^{-1T}[B]^T[\sigma_{don}^H]$$

Дополнительные узловые силы добавляются к вектору узловых сил системы:

$$\{F\} = \{F\} + \{F_{don}^H\}$$

Делается проверка относительной величины дополнительных напряжений, и если хоть в одном элементе хоть по одному компоненту напряжений отношений $\sigma_{don}^H / \sigma^T$ больше заданной точности ξ (например, $\xi=0,05$), то вырабатывается признак необходимости продолжения итерации. Если такой признак выработан, то программа возвращается вновь на вычисление узловых перемещений, но уже при новых значениях вектора узловых сил и начальных напряжений. По достижении необходимой точности вычисления заканчиваются, и на печать выдаются результаты, например, перемещение узлов деформации $\{\varepsilon\}$ или $\{\varepsilon_{zl}\}$, фактические или теоретические (достаточно близкие друг к другу) напряжения. Если заданные нагрузки таковы, что состояние равновесия невозможно (например, откос слишком крут и оползает), то процесс итерации становится расходящимся, бесконечным. На этот случай в программе предусматривается остановка через определенное число циклов итерации (таблица 1).

Графический процесс получения упруго-пластического решения методом начальных напряжений изображен на рисунке 1. В результате первого упругого решения упругие напряжения $\{\sigma^y\}$ характеризуются в элементе точкой 1, лежащей за пределом пластичности. Напряжения $\{\sigma^{\Phi}\}$ в первом цикле равны упругим и характеризуются точкой 1', совпадающей с точкой 1. Теоретически напряжения $\{\sigma^T\}$ характеризуются точкой 1'' лежащей на границе пластичности. Таким образом, отрезок 1-1'' есть не что иное, как $\{\sigma^{\Phi}\} - \{\sigma^T\}$, а отрезок 1' - 1''' = $K(\{\sigma^{\Phi}\} - \{\sigma^T\}) = \{\sigma_{don}^H\}$. В результате второго решения в элементе, дополнительно нагруженном «начальными» узловыми силами, упругие напряжения $\{\sigma^y\}$ будут характеризоваться некоторой точкой 2; «фактические» напряжения — точкой 2', лежащей уже ближе к новым теоретическим напряжениям, характеризуемым точкой 2''. Дополнительные начальные напряжения от второго цикла равны отрезку 2'-2''', а полные начальные напряжения $\{\sigma^H\}$ после второго цикла будут равны отрезку 2-2''' и т. д.

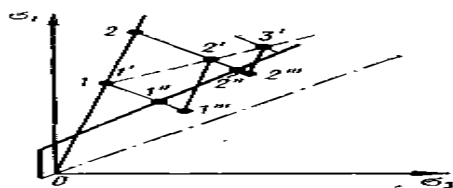


Рис.1. Процесс получения упруго-пластического решения

Таблица 1. Общий алгоритм получения численного решения

1	Ввод информации. Формирование МЖС
2	Вычисление обращенной МЖС
3	Вычисление узловых и перемещений
4	Начало цикла по числу элементов
5	Вычисление деформаций и других напряжений $\{\varepsilon\}$ и $\{\sigma^y\}$
6	Вычисление главных деформаций $\{\varepsilon_{gl}\}$
7	Вычисление «фактических» напряжений $\{\sigma_{\phi}^{\phi}\} = \{\sigma^y\} - \{\sigma^H\}$
8	Вычисление теоретических главных напряжений в координатных осях
9	Вычисление «дополнительных» начальных напряжений
10	Добавление «дополнительных» напряжений к начальным
11	Вычисление начальных сил $\{F^H\}$ и добавление их к вектору узловых сил
12	Конец цикла по элементам
13	Проверка необходимости дополнительной итерации. Если признак продолжения итерации введен (необходимая точность достигнута), то иди к оператору -4. Иначе к оператору -13.
14	Печать результатов вычислений

Реологические явления в грунтах и горных породах имеют разнообразную природу и неоднозначны в своих проявлениях [11-13]. Это может быть объемная ползучесть, всегда затухающая свойственная к недоуплотненным и нормально уплотненным дисперсным грунтам. Это может быть сдвиговая ползучесть затухающая и незатухающая, свойственная как дисперсным грунтам любой плотности, так и ряду связных горных пород — например, аргиллитам, алевролитам, силвиниту, карналлиту и другим. Ползучесть может быть обусловлена разнообразными механическими причинами: вязкостью пленочной влаги, переотложением растворимых минералов, истинным пластическим течением — движением дислокаций в кристаллах, структурно-химическими изменениями пород под действием агентов выветривания, развитием микроразрушений и рядом других причин и явлений. Комплекс реологических свойств пород и грунтов сводится к следующим параметрам и явлениям. При быстром приложении нагрузки прочностные свойства характеризуются «кратковременными» значениями сцепления c_0 и угла внутреннего трения ϕ_0 ; при длительном, бесконечно медленном увеличении нагрузок прочностные характеристики будут иные— C_{∞} и ϕ_{∞} (рис. 2). Если при некотором значении нормальной нагрузки σ приложенное касательное напряжение меньше предела длительной прочности τ' , то деформации образца γ , претерпев стадию затухающей ползучести (рис. 3), стабилизируются на некотором уровне, соответствующем величине τ . Если же приложенные напряжения $\tau > \tau'$, то после приложения нагрузки образец вступит в стадию незатухающей ползучести, которая, в конце завершится разрушением образца, когда деформации достигнут какой-то предельной величины $\gamma_{пр}$.

Процессы незатухающей ползучести изучены слабо, да они и не представляют массового интереса, поскольку геотехническое проектирование ведется, как правило, в расчете на длительную устойчивость. Для описания процессов затухающей ползучести широко используется теория линейно-наследственной ползучести, важнейшим положением которой является следующее. Если к ряду образцов грунта, обладающего свойством линейно-наследственной сдвиговой (или объемной) ползучести, в момент времени t_0 приложены нагрузки τ (или σ) различной величины (рис. 4), то точки напряженно-деформированного состояния образцов A_0, B_0, C_0 лягут на одну прямую, угол наклона которой определяется кратковременным модулем сдвига G_0 (или модулем объемной сжимаемости K_0). К моменту времени t_1 процессы ползучести образцов приведут к нарастанию в них деформаций в такой степени, что точки A_1, B_1, C_1 , характеризующие новое напряженно-деформированное состояние образцов, вновь лягут на одну прямую — изохрону, характеризуемую новым модулем сдвига G_t (или модулем объемного сжатия K_t).

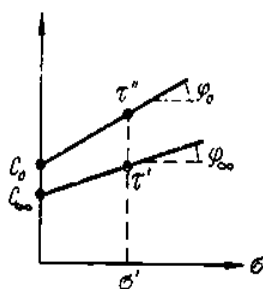


Рис. 2. Изменение прочностных свойств материалов

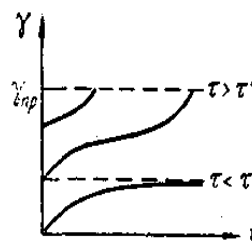


Рис. 3. Кривые ползучести

При неограниченном увеличении времени положение точек A , B и C стремится к своему окончательному положению на изохроне t_∞ , характеризуемой длительными значениями упругих констант E_∞ и ν_∞ , которые отражают свойства как объемной, так и сдвиговой ползучести. Рассмотренное замечательное качество теории линейно-наследственной ползучести позволяет для поиска решений геотехнических задач на тот или иной момент времени использовать обычные упругие решения, но с параметрами упругости E_t и ν_t , соответствующими отрезку времени от момента погружения до рассматриваемого момента. Таким образом, при использовании программы для получения решения на некоторый момент времени t вводимая информация должна состоять из величин E_t , ν_t , c_t и φ_t , соответствующих времени t . Проведя серию решений для различных моментов времени, получим картину развития деформаций во времени. Зависимость E и c от времени аппроксимируется уравнением типа $E_t = E_\infty + (E_0 - E_\infty)e^{-at}$. Угол внутреннего трения φ и коэффициент ν обычно мало изменяются во времени.

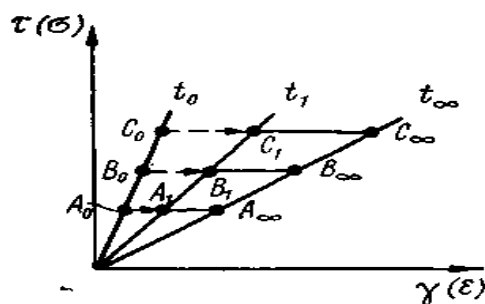


Рис. 4. Кривые зависимости деформаций от напряжений в различные моменты времени

Заключение

В заключении необходимо отметить, что разработанные процедуры и программы позволяют решать с помощью современных компьютеров широкий класс задач горного производства, в которых требуется определять напряженно-деформированное состояние породного массива, ослабленного выработками в разных горнотехнических и горногеологических условиях. Компоненты естественного поля напряжений представляются в виде зависящих от геомеханических структур месторождения, и в программе учитываются с помощью начальных и граничных условий. При этом граничные условия могут быть заданы в виде нулевых или ненулевых узловых сил или перемещений (или же смешанных условий). Неоднородность массива учитываются по моделям путем введения различных прочностных и деформационных характеристик $E, \nu, \gamma, c, \varphi$ (модуль упругости, коэффициент Пуассона, плотность, сцепление и угол внутреннего трения) [14, 15]. Поверхности ослабления и нарушения в массиве имитируются слоями элементов с соответствующими пониженными прочностными свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Абдылдаев Э. К., Машанов А. А., Методы оценки устойчивости склонов: Монография. –Алматы, 2013.–203 -с.
- [2] Абдылдаев Э.К., Заурбекова Н.Д., Айтуганова Ж.Т., Сулейменов Д. Информационная технология при моделировании задачи горного дела - Вестник АТУ, №2 (107) - Алматы, 2015. – С. 8-13.
- [3] Сидоров В.Н., Вершинин В.В. Метод конечных элементов в расчете сооружений. Теория, алгоритм, примеры расчетов в программном комплексе SIMULIA Abaqus: Учебное пособие. Издательство АСВ, Москва, 2015, 288 -с.
- [4] Серпик И.Н. Метод конечных элементов в решении задач механики несущих систем. Издательство АСВ, Москва, 2015, 280 с.
- [5] Молдошев Р.А. Анализ напряженного состояние целика методом конечных элементов. Вестник Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева, 2013г. №2(95) с 16-19
- [6] Молдошев Р.А. Анализ напряженного состояние породного массива вокруг выработок сложной конфигурации. Республиканский научно-теоретический журнал "Наука и новые технологии" №7, Бишкек, 2013г. с 3-4
- [7] Молдошев Р.А., Токпанова К., Мукамбедшаева А. Вопросы компьютерного моделирования в геомеханике. Материалы научно-практической конференции (ММ ИТ ЭАУР) посвященной 50-летию КазЭУ им. Т.Рыскулова, том 2, Алматы.-2013. -с.176-179.
- [8] Молдошев Р.А., Мукамбедшаева А., Серик Акерке. Дискретизация области в методе конечных элементов. Материалы научно-практической конференции (ММ ИТ ЭАУР) посвященной 50-летию КазЭУ им. Т.Рыскулова, том 2, Алматы.-2013. -с.161-164.
- [9] Абдылдаев Э.К. Миркасимова Т.Ш., Курманбек уулу Талантбек. Применение векторного метода в геомеханике. Республиканский научно-теоретический журнал Известия вузов Кыргызстана № 5, 2017, Бишкек-2017, - С.8-10
- [10] Абдылдаев Э.К., Абдим Фараби. Методика организации мобильного обучения в условиях внедрение системы e-Learning. Известия КГТУ им. И.Раззакова № 1 (41) часть 1, 2017, Токмок-ИЦ "Техник", 2017, - С.205-209
- [11] Абдылдаев Э.К. Учет влияния структуры массива при определении устойчивости откоса карьера Вестник Кыргызско-Российского Славянского университета. Серия естественно-технические науки, Том 17, № 8, 2017, Бишкек-2017, - С.65-67
- [12] Абдылдаев Э.К. Оценка зоны влияния карьера и подработанных камер. Журнал Промышленность Казахстана, Алматы – № 1 (100), 2017. –С.86-87
- [13] Качанов Л.М. Основы теории пластичности..-М.: Рипол Классик, 2013.-426 -с.
- [14] Абдылдаев Э.К. Определение напряженного состояние крепи с неоднородным породным массивом. Журнал Промышленность Казахстана, Алматы. —№ 1 (100), 2017. –С.93-95
- [15] Казикаев Д.М., Козырев А.А., Каспарьян Э.В., Иосив М.А. Управление геомеханическими процессами при разработке месторождений полезных ископаемых. Учебное пособие - М. Издательство "Горная книга" 2016. -490-с.

Абдылдаев Э.К., Заурбеков Н.С., Молдошев Р.А., Заурбекова Н.Д., Уйпалакова Д.М.

Ақпараттық жүйе үлгісін іске асыру құралы " иілгіш-пластикалық ортаның

Түйіндемесі. Жұмыста ақырғы элементтер тәсілімен және ақпараттық жүйелер көмегімен шешілетін геомеханикалық есептердің математикалық моделі мен нәтижелері ұсынылған. Заманауи компьютерлер көмегімен шығарылатын, авторлар құрастырған компьютерлік бағдарламалар мен процедуралар әр түрлі техникалық және геологиялық шарттарына сәйкес келетін тау кен жұмыстарына байланысты өзгерген кен массивтерінің кернеулік-деформацияланған жағдайын анықтауға мүмкіндік береді. Қысым өрісінің табиғи ортадағы компоненттері кен орнының геомеханикалық құрылымына байланысты түрде беріледі. Соған қарамастан, шектік шарттарды (немесе аралас жағдайды) нөлдік немесе нөлдік емес тораптық күштер мен қозғалыстар түрінде де беруге болады. Масситің біртекті емес екендігі модельдерге әр түрлі беріктік және деформациялық сипаттамаларын (серпімділік модуль, Пуассон коэффициенті, тығыздық, ілінісу және ішкі үйкеліс бұрышы) еңгізу арқылы есепке алынады. Массивтің әлсіреу мен бұзылу беттері тиісінше төмендетілген беріктік мінездемесімен алынған элементтер қабаты арқылы сипатталады.

Түйін сөздер: геомеханикалық есептер, кен орындарының геомеханикалық құрылымы, геомеханикалық есептердің математикалық моделдері, тау жынысының біртекті еместігі.

Abdyldaev E. K., Zaurbekov N. S., Moldoshev R. A., Zaurbekova N. D., Uipalakova D. M.

Information about authors: information system implementation model elastoplastic medium

Summary. The article presents mathematical models and results of solving a geomechanical problem on the basis of the finite element method. The process of obtaining an elastic-plastic solution is realized by the procedure of initial stresses. The developed procedures and programs allow solving a wide class of mining problems with the help of

modern computers in which it is required to determine the stress-strain state of a rock mass weakened by excavations in different mining and geological conditions.

Key words: geomechanical problems, geomechanical structures of the field, mathematical models of geomechanical problems, heterogeneity of the array.

УДК: 004.032.26

N. Albanbay¹, K.N.Taissariyeva¹, B.Zh.Medetov², U.O. Seidaliyeva¹

⁽¹⁾Institute of Information and Telecommunication Technologies, Satpaev University, Almaty, Kazakhstan

⁽²⁾Kazakh national university named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan

E-mail: jalgasa@mail.ru

DYNAMICS OF A SYSTEM CONSISTING ONLY OF INHIBITORY TYPES OF FITZHUGH-NAGUMO NEURONS

Abstract. This article deals with the dynamics of neural systems consisting only of inhibitory types of FitzHugh-Nagumo neurons. Modern problems of radio engineering, electronics and telecommunications, increasing the efficiency of communication channels and many other tasks can be successfully solved using neural networks. In this regard, the study of the dynamics of neuron-like systems plays an important role in science and technology. The model of FitzHugh-Nagumo neurons was chosen as the object of the study. In this paper, the scheme of the generalized computer model of a system of three neurons is constructed using special software Multisim 12.

Key words: neurons, neural system, neural system dynamics, FitzHugh-Nagumo model.

Н. Албанбай¹, К.Н. Тайсариева¹, Б.Ж. Медетов², У.О. Сейдалиева¹

⁽¹⁾ Институт информационных и телекоммуникационных технологий, Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан

⁽²⁾ Қазақский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, jalgasa@mail.ru

ДИНАМИКА СИСТЕМЫ, СОСТОЯЩЕЙ ТОЛЬКО ИЗ ТОРМОЗЯЩИХ ТИПОВ НЕЙРОНОВ ФИТЦХЬЮ-НАГУМО

Аннотация. В данной статье рассматривается динамика нейронных систем, состоящей только из тормозящих типов нейронов ФитцХью-Нагумо. Современные проблемы радиотехники, электроники и телекоммуникаций, повышение эффективности каналов связи и многие другие задачи могут быть успешно решены с использованием нейронных сетей. В связи с этим, изучение динамики нейроноподобных систем играет важную роль в науке и технике. В качестве объектом исследования была выбрана модель нейронов ФитцХью-Нагумо. В данной статье схема обобщенной компьютерной модели системы из трех нейронов построена с помощью специального программного обеспечения Multisim 12.

Ключевые слова: нейроны, нейронная система, динамика нейронной системы, модель ФитцХью-Нагумо.

Введение. При изучении динамики нейронных систем исследуется поведение нелинейных дифференциальных уравнений, которые отображают те или иные модели нейронов, например, модели нейронов ФитцХью-Нагумо[1]. Нейроны бывают двух типов – «возбуждающих» и «тормозящих». Таким образом, можно разрабатывать различные структуры и топологии нейронных систем, соединяя в них нейроны разными способами. Так, в работах [2-7] были рассмотрены различные аспекты поведения простейшей системы нейронов ФитцХью-Нагумо, где система состоит из двух только нейронов, при этом один из них является «возбуждающим», а второй «тормозящим» [15].

В настоящей работе рассмотрена динамика системы нейронов, где все нейроны относятся только к «тормозящему» типу. Теоретическое исследование поведения такой системы нейронов проведена в работе [8]. Продолжая начатую работу в [8], мы рассмотрим эту систему через численные исследования и компьютерного моделирования ее электронного аналога.

Исходные уравнения и численные исследования. Исходные уравнения, описывающие поведение рассматриваемой нами системы глобально связанных нейронов, взято с работы [8] и представляется в следующем виде:

$$\frac{d\varphi_i}{dt} = \omega - \sin(\varphi_i) + k \sum_j^N \sin(\varphi_i - \varphi_j), \quad (1)$$

где φ_i – фаза i – го нейронного осциллятора, N – количество нейронов в системе, k – сила связи между нейронами, ω – частота осцилляций нейронов.

Уравнение (1) это известное уравнение Курамато, описывающее динамику нейрона в режиме осцилляций. Для получения системы «тормозящих» нейронов сила связи k должна быть меньше нуля [11].

Было проведено численное решение уравнения (1) при $\omega < 1$ и $k < 0$. Результат данного решения для системы, состоящей из пяти нейронов, представлен на рисунке 1. Где кривые, соответствующие динамике каждого из этих нейронов, имеют различные цвета. На рисунке 1 по абсциссе отложено время, а по ординате текущая фаза осцилляторов.

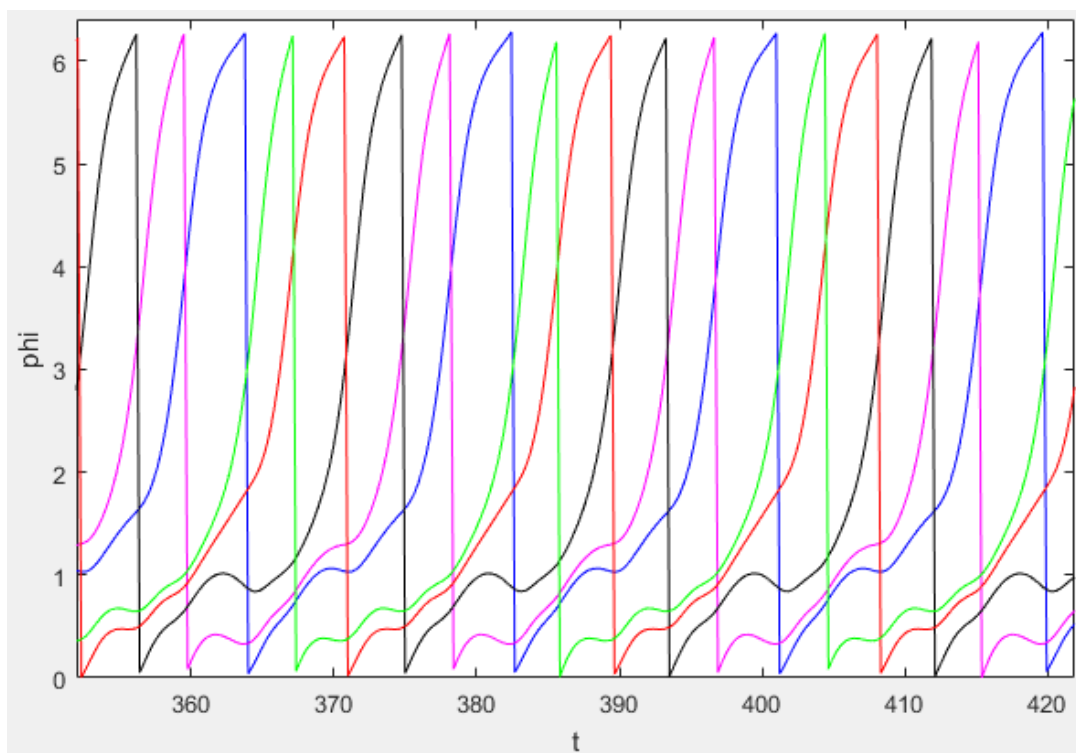


Рис. 1. Динамика системы, состоящей из пяти тормозящих нейронов ФитцХью-Нагумо

Из рисунка 1 видим, что осцилляторы не совершают колебания одновременно, они происходят строго по очереди. Это очень важное обстоятельство, говорящее о том, что системы нейронов, являющиеся только «тормозящими», не способны колебаться синхронно [13].

Вообще, все природные нейронные сети являются аналоговыми системами. В связи с этим, большой интерес представляет изучение динамики подобных систем с помощью аналоговой электроники. Следовательно, в нашей работе мы продолжили наши исследования с помощью создания электронного аналога системы нейронов, состоящих только из «тормозящих» типов нейронов [12].

Моделирование электронного аналога системы нейронов. Создание электронного аналога системы нейронов, состоящих только из «тормозящих» нейронов, по уравнению (1) крайне

затруднительно. В связи с этим, мы данное уравнение привели в иной вид через определенные преобразования.

Известно, что:

$$\sin(\alpha - \beta) = \sin \alpha \cdot \cos \beta - \cos \alpha \cdot \sin \beta, \quad (2)$$

Тогда уравнение (1) можно привести в следующий вид:

$$\frac{d\varphi_i}{dt} = \omega - \sin(\varphi_i) + k \sum_j^N (\sin \varphi_i \cdot \cos \varphi_j - \cos \varphi_i \cdot \sin \varphi_j), \quad (3)$$

Уравнение (3) можно переписать в следующем виде:

$$\frac{d\varphi_i}{dt} = \omega - \sin(\varphi_i) + k(\sin \varphi_i \sum_j^N \cos \varphi_j - \cos \varphi_i \sum_j^N \sin \varphi_j), \quad (4)$$

Введем следующие обозначения:

$$x_i = \sin \varphi_i, y_i = \cos \varphi_i, \quad (5)$$

Тогда уравнение (4) можно представить в следующем виде:

$$\frac{d\varphi_i}{dt} = \omega - x_i + k(x_i \sum_j^N y_j - y_i \sum_j^N x_j), \quad (6)$$

Из уравнение (5) следует, что:

$$\frac{dx_i}{dt} = \frac{dx_i}{d\varphi_i} \cdot \frac{d\varphi_i}{dt} = \cos \varphi_i \cdot \frac{d\varphi_i}{dt}, \quad (7)$$

$$\frac{dy_i}{dt} = \frac{dy_i}{d\varphi_i} \cdot \frac{d\varphi_i}{dt} = -\sin \varphi_i \cdot \frac{d\varphi_i}{dt}, \quad (8)$$

С учетом формул (6), (7) и (8), окончательно получаем следующую систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dx_i}{dt} = y_i(\omega - x_i - k(x_i \sum_{j=1}^N y_j - y_i \sum_{j=1}^N x_j)) \\ \frac{dy_i}{dt} = -x_i(\omega - x_i - k(x_i \sum_{j=1}^N y_j - y_i \sum_{j=1}^N x_j)) \end{cases}, \quad (9)$$

Система уравнений (9) описывает динамику отдельного нейрона в новых переменных x и y .

Схема обобщенной компьютерной модели системы из трех нейронов, динамика которых описывается уравнением (9), показана на рисунке 2. Модель схемы построена с помощью специального программного обеспечения Multisim 12 [10].

На рисунке 2 детали электронных схем не показаны. Там приведена только принципиальная схема, а некоторые детализированные части той схемы можно посмотреть на рисунке 3.

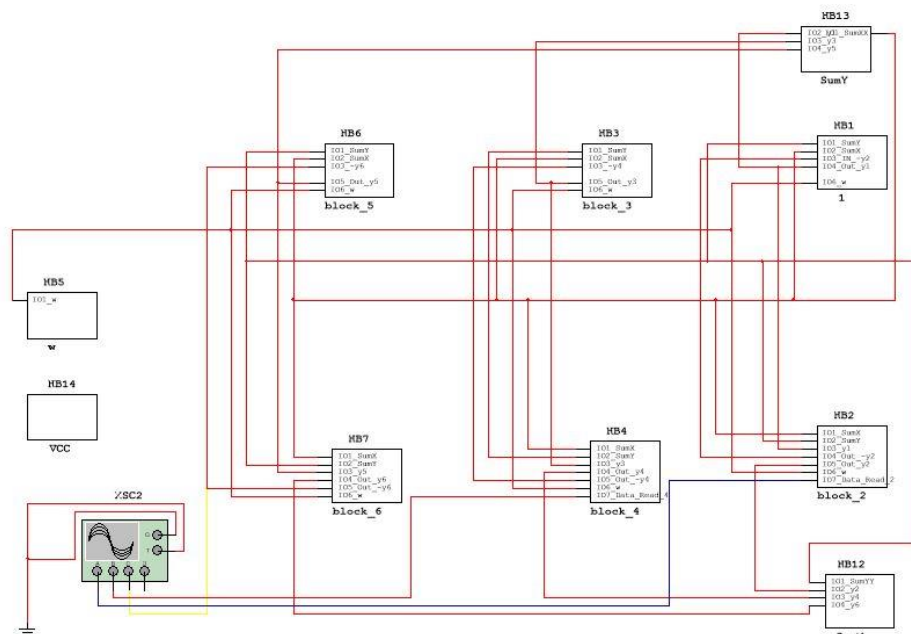


Рис. 2. Обобщенная аналоговая схема, моделирующая динамику системы, состоящей из трех тормозящих нейронов ФитцХью-Нагумо

На рисунке 3 приведены некоторые детализированные части электронной схемы.

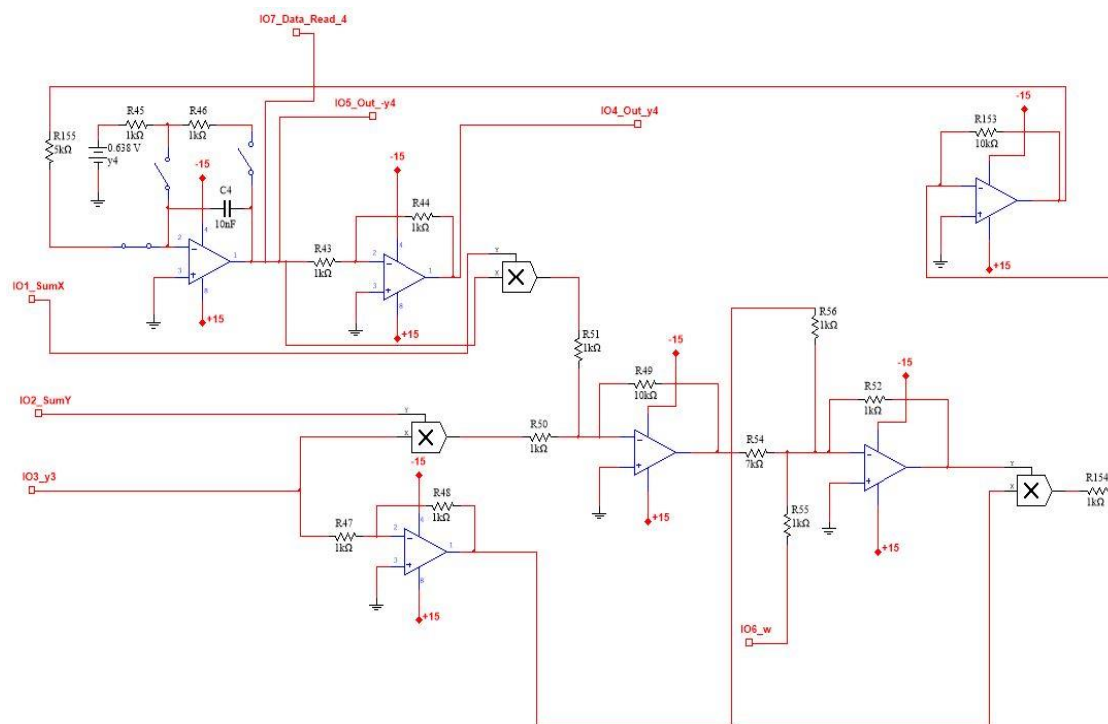


Рис. 3. Детали аналоговой схемы, моделирующей динамику системы, состоящей из трех тормозящих нейронов ФитцХью-Нагумо

По собранной схеме в среде Multisim 12, была проведена серия измерений сигналов, генерируемых системой глобально-отрицательно связанных нейронов. Часть временных реализаций этих измерений показаны на рисунке 4.

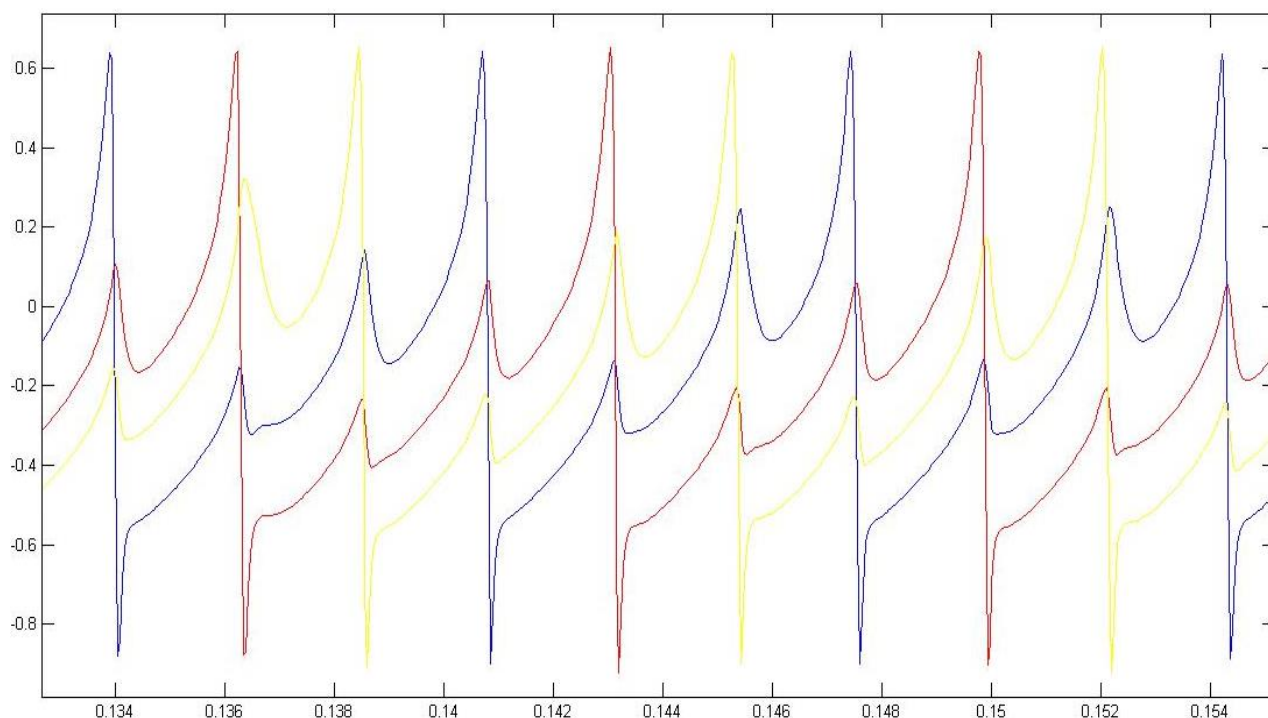


Рис. 4. Часть временной реализации сигналов системы, состоящей из трех тормозящих нейронов ФитцХью-Нагумо

Здесь также, как и на рисунке 1, кривые соответствующие динамике разных нейронов, имеют разные цвета.

Выводы: Из рисунков 1 и 4 можно увидеть, что динамика системы нейронов, где все нейроны являются «тормозящего» типа, имеет идентичное поведение во времени как в случае численного исследования, так и в случае компьютерного моделирования электронного аналога. Особенность данного поведения заключается в том, что нейроны, входящие в рассматриваемую систему, генерируют колебательные сигналы строго по очередности. Известно, что при принятии решения центральной нервной системой необходимо, чтобы она получала сигналы одновременно от множества нейронов. Как видно по результатам данной работы, системы нейронов, состоящие только из «тормозящего» типа нейронов, не обладают свойством коллективного колебания. Соответственно, подобные системы не способны играть роль сенсорных систем.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Jane Cronin. Mathematical aspects of Hodgkin-Huxley neural theory. Cambridge University Press. 1987.
- [2] Жанабаев З.Ж., Закс М., Медетов Б.Ж. Генерация сигналов кластером связанных двух автоколебательных систем на границе потери устойчивости равновесия. Теория. – Алматы: Журнал проблем эволюции открытых систем, 2012 г., вып. 14, том 1.
- [3] Наурзбаева А.Ж., Медетов Б.Ж., Ыскак А.Е. Численное исследование двухчастотного режима генерации сигналов кластером автоколебательных систем. –Алматы: Известия НАН РК, серия физическая, 2(288), 2013 г.
- [4] Medetov B., Weiss G., Zhanabaev Zh., Zaks M. Numerically induced bursting in a set of coupled neuronal oscillators. //Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. 2015.
- [5] Медетов Б.Ж., Албанбай Н., Налибаев Е.Д., Асанов Г.С. Зависимость количества и частоты спайков во «взрывах», а также частоты «взрывов» от RC-параметра аналогового интегратора. – Алматы: Вестник КазНУ, серия физическая, 2014 г., №1(48), С. 61-67.
- [6] Наурзбаева А.Ж., Медетов Б.Ж., Есерханулы Е. Схемотехническое моделирование «двухчастотной» бифуркации Хопфа. –Алматы: Известия НАН РК, серия физическая, 2(288), 2013 г., с. 21-25.
- [7] Медетов Б.Ж., Наурзбаева А.Ж., Албанбай Н., Манапбаева А.Б. Экспериментальное измерение сигналов кластера связанных автоколебательных систем. – Алматы: Журнал ПЭОС, вып 15, том 1, 2013 г., с. 17-23.
- [8] Michael A. Zaks, Petar Tomov. Onset of time dependence in ensembles of excitable elements with global repulsive coupling.// PHYSICAL REVIEW E 93, 020201(R) (2016).

- [9] Shinomoto S., Kuramoto Y., Prog. Theor. Phys. 75, 1105 (1986).
[10] <http://www.ni.com/download/ni-circuit-design-suite-educational-edition-12.0/2816/en/>.
[11] Binczak S. et al. Experimental study of electrical FitzHugh-Nagumo neurons with modified excitability. // Neural Networks. Elsevier, 2006. - Vol. 19, № 5. - P. 684–693.
[12] Hyongsuk Kim et al. Neural Synaptic Weighting With a Pulse-Based Memristor Circuit. // Circuits and Systems I: Regular Papers, IEEE Transactions on. 2012. Vol. 59. Issue 1., p. 148-158.
[13] Feldman, Roberts s., Meyer J. S., and Quenzer, L. F. Principles of Neuropsychopharmacology 1997. Sinauer Associates, Inc 629.
[14] Panchuk A., Rosin D. P., Hovel P., Scholl E., Synchronization of coupled neural oscillators with heterogeneous delays, International Journal of Bifurcation and Chaos 23 (2013) 1330039.
[15] Kantner M., Scholl E., Yanchuk S., Delay-induced patterns in a two-dimensional lattice of coupled oscillators, Scientific reports 5 (2015).

Албанбай Н., Тайсариева К.Н., Медетов Б.Ж., Сейдалиева У.О.

Динамика системы, состоящей только из тормозящих типов нейронов ФитцХью-Нагумо

Түйіндемe: Бұл мақалада тек қана тежеуіш типтегі ФитцХью-Нагумо нейрондарынан тұратын нейрондық жүйелердің динамикасы қарастырылған. Радиотехника, электроника және телекоммуникацияның қазіргі заманғы мәселелері, байланыс арналарының тиімділігін арттыру және басқа да тапсырмалар нейрондық жүйелердің қолданылуымен сәтті шешілуі мүмкін.

Түйін сөздер: нейрондар, нейрондық жүйе, нейрондық жүйенің динамикасы, ФитцХью-Нагумо моделі.

Albanbay N., Taissariyeva K.N., Medetov B.Zh., Seidaliyeva U.O.

Dynamics of a system consisting only of inhibitory types of FitzHugh-Nagumo neurons

Summary: This article deals with the dynamics of neural systems consisting only of inhibitory types of FitzHugh-Nagumo neurons. Modern problems of radio engineering, electronics and telecommunications, increasing the efficiency of communication channels and many other tasks can be successfully solved using neural networks.

Key words: neurons, neural system, neural system dynamics, FitzHugh-Nagumo model.

УДК 532.73-3, 53.043

N. Zhanturina

(K. Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan nzhanturina@mail.ru)

THE DETERMINATION OF DISSOLVED SOLIDS IN WATER BY TDS ANALYZER AND PHYSICAL METHODS OF CLEANING

Abstract. In the paper, with the help of a special analyzer determining the amount of dissolved substances in water in ppm, the quality of drinking water, rivers was measured. Including, water of various marks, tap water, columns, spring, rain water. The cleanest were the children's water and water from the installation filter. Methods of water treatment in domestic conditions, such as sedimentation, freezing, with the help of activated carbon, schungite, silver were also investigated. The results of the project can be useful, since everyone knowing the amount of dissolved substances in each type of water can choose their own water for health reasons. And experiments to determine the effectiveness of cleaning methods in domestic conditions will help us choose the best method of cleaning.

Key words: water, analyzer, dissolved solids, absorption property, ppm

Н. Жантурина

(Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе, Қазақстан nzhanturina@mail.ru)

TDS АНАЛИЗАТОР АРҚЫЛЫ СУДАҒЫ ЕРІТІЛГЕН ЗАТТАР МӨЛШЕРІН АНЫҚТАУ ЖӘНЕ СУДЫ ТАЗАРТУДЫҒЫ ФИЗИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРІ

Аңдатпа. Мақалада арнайы суда ерітілген заттардың мөлшерін зерттейтін анализатор көмегімен өзендердің, ауыз сулардың тұздылығы ppm өлшем бірлігімен зерттелді. Соның ішінде әр түрлі маркалы сулар, кран, колонка, бұлақ, жаңбыр суы. Ең тазасы балалар суы және фильтрден өткізілген су болып шықты. Тұрмыстық жағдайдағы суды тазартудың физикалық әдістері зерттелді – мұздату, тұндыру, белсендірілген көмір, шунгит, күміс салу. Олардың тиімділігі анализатор арқылы дейін және кейін тексерілді. Ал тазарту эксперименттерінен әр әдістің тиімділігі анықталды.

Түйін сөздер: су, анализатор, ерітілген заттар мөлшері, абсорбциялық қасиет, ppm

Кіріспе. “Су-тіршілік көзі, жердің нәрі”-деп дана халқымыз текке айтпаған. Халықтың денсаулығы ең бірінші ауыз суға байланысты болса, ал ауыл халқының әл-ауқаты, тұрмыс-тіршілігі өсірген егіні мен алған өніміне байланысты екендігі айтпаса да түсінікті.

Қазіргі таңда ауыз су сапасына өте көп көңіл бөлініп жатыр. Әйгілі француз микробиологі және химигі Луи Пастер айтқан: «біздің ауруларымыздың 90% біз сумен бірге ішеміз». Біздің денсаулығымыз тікелей ішетін судың сапасынан байланысты. Ал су сапасы оның ішіндегі ерітілген заттар мөлшерінен байланысты. Адамдар осыдан 10 жыл бұрын үйдегі кранның суын немесе даладағы колонкадан су іше берсе, қазіргі таңда барлығы ту тазартқыш фильтрлер қойып немесе дүкеннен ыдыстағы тазартылған суды сатып алатын болған. Оның басты себебі – таза су ішу. Табиғи сулардың сапасы әр түрлі болып келеді, фильтрленген сулардың да фильтр маркасына қарай, фильтрдің түріне қарай сапасы әр түрлі болып келеді. Ал осы уақытта адамдар арасында таза және жұмсақ болып саналатын табиғи ауыз су көздері белгілі – кейбір өзен сулары, бұлақ сулары [1,2,3].

Осы адамдар арасындағы қай су таза деген пікірлерді тексеру үшін және қандай су ішу керек деген ұсынымдар жасау үшін белгілі зерттеулер қажет. Оларды жасау үшін қазіргі таңда әр түрлі гаджеттер бар, осы гаджеттер арқылы, соның ішінде, су сапасын зерттейтін тестер арқылы, әр түрлі көздердің суын зерттеуге болады.

Күнделікті өмірде ауыз су сапасы оның ішінде ауыр металдардың, бактериялардың, минералдар қосылыстары болуымен анықталады. Таза су мөлдір, иіссіз болуы қажет. Бірақ кез келген мөлдір иіссіз су таза деп айтуға болмайды, себебі оның құрамында көптеген қосылыстар болуы қажет [4].

Мысалы, үнді ғалымдарының зерттеулеріне жүгінсек, су сапасы индексін есептейді екен. Ол үшін 12 параметр бойынша суды бағалайды: pH, жалпы қаттылық, кальций, магний, карбонат, хлорид, нитрат, сульфат, ерітілген заттар мөлшері, темір, магний және фторид. Мұнда параметр T 89.21 ден 660.56 ке дейін құбылады [5].

Күнделікті суда натрийдің, калийдің, кальцийдің, фтордың, хлордың, магнийдің қосылыстары болады. Соның ішінде, фтордың, хромның қосылыстары зиян болып келеді. Ал натрий, калий, кальций металдарының қосылыстары керекті мөлшерде адамға қажет болып келеді. Судың сапасының ең басты параметрі – ол ерітілген қатты заттар [6,7]. Ерітілген қатты заттар мөлшері ppm деген өлшем бірлікпен анықталады. **Ppm** – particles per million деп аталады. Басқаша айтқанда, ол судың миллион молекуласына келетін ерітілген басқа заттар молекуласының саны. Ол неғұрлым көп болады, соғұрлым су сапасы азаяды.

Егер судағы ерітілген заттар мөлшері:

0-50 ppm – идеалды су

50-170 ppm – қалыпты су

170-500 ppm – жоғары минерализацияланған су

500 ppm ден жоғары – су ішуге келмейді

Негізгі су сапасы тек ерітілген заттар мөлшерімен ғана анықталмайды. Судың сапасын зерттеу үшін кешендік зерттеулер қажет. Оның ішінде – бактериялар, күкіртқышқылы, хлор, судың мөлдірлігі және т.б. Бірақ судағы ерітілген заттар мөлшері – ол су сапасының анықтаудың маңыздың параметрлерінің бірі.

Әдістер

Біздің жұмысымызда қолданылған анализатор ол TDS метр. Оның көмегімен судағы ерітілген қатты заттар мөлшерін анықтаймыз. Анализатор таблосында 0 ден 9999 ppm-ге дейін мәндер шыға алады (Сурет 1).

Су сапасын анықтау үшін тестерді қосып, электродтарын суға батыру қажет. Мөлшерді анықтау үшін 5-10 секунд жеткілікті. Сол уақыт аралығында таблода 0 және 9999 аралығында сан тұрақталып шығады.



Сурет 1. Су сапасын бақылайтын анализатор

TDS анализатордың жұмыс жасау принципіне келсек, бұл судың электрөткізгіштігінің судағы ерітілген заттар мөлшерінен тәуелділігі. Суға TDS анализатордың электродтарын салған кезде, ішіндегі арнайы аспап өткен электр ток күшін есептейді. Ал электр ток күші ерітілген заттар мөлшерінен тәуелді болған соң, таблада ерітілген заттар мөлшері ppm-мен шығады. Басқаша айтқанда, ерітілген заттар мөлшері – ол физикадағы белгілі шама – концентрация.

Нәтижелер

Кешенді зерттеу мақсатында біз әртүрлі сулардың сапасын анализатор арқылы анықтадық. Соның ішінде зерттеуді біз екіге бөлдік:

- Ауыз суларының ерітілген заттар мөлшерін зерттеу (Кесте 1, 2).
- Өзен және су қоймаларын зерттеу (Кесте 3).

Кесте 1. Ауыз суларының сапасы

Су	Ерітілген заттар мөлшері (ppm)
Арнайы қондырмалы фильтрден өткен су	46
Кран суы	482
Қайнатылған кран суы	512
Қобда ауданындағы бұлақтың суы	179
Бурабай шипажайы маңындағы бұлақтың суы	676
Қарапайым құмыра фильтрінің суы	150
Ақтөбе қаласының көшелерінде қондырылған ауыз суы	598
Тассай	83
Асу	94
Aqua Viva	134
Балалар суы «Veroni kids»	38
Серебрянная	132
Arzu life fitness	125
Von aqua суы	160
Қаратөбе суы	92
«Люкс» фирмасының суы	91
Қардың суы	25
Астана қаласының кран суы	470

Кесте 2. Минералды сулардың ерітілген заттар мөлшері

Су маркасы	Ерітілген заттар мөлшері (ppm)
Туран минерал суы	192
Әсем-ай минерал суы	535
Сарыағаш	402
Ессентуки №4	4445
Ессентуки №17	5550
Набеглави	1800
Borjomi	2920

Кестеден көрініп тұрғандай, тұздылығы ең аз – ол қардың суы, содан соң балалар суы “Veroni Kids”. Минерал сулардың тұздылығы әрине табиғи сулардың тұздылығына қарай артық болады. Бірақ олар зиян емес, себебі, олардың құрамында ағзаға пайдалы тұздар қосылған. Ал кран суының, колонка суының құрамында хлор, зиянды металдар бар.

Кесте 3. Өзен және су қоймаларының судағы ерітілген заттар мөлшері

Су	Ерітілген заттар мөлшері
Орал өзенінің суы	213
Ойыл өзенінің суы	190
Қарғалы өзенінің суы	281
Сазды өзенінің суы	368
Елек өзенінің суы	168
Бурабай өзенінің суы	132
Жаңбырдан кейінгі су	80

Кейбір өзен суларының ерітілген заттар мөлшері ішетін сулармен салыстырғанда кем, бірақ өзен суларын қайнатпай ішуге болмайды, себебі тұздылығы аз болса да, құрамында микробтар бар. Ал кран, колонка сулары арнайы хлорлаудан өтеді, сондықтан да микробтар жойылады [8].

Талқылау

Сулардың сапасын зерттей келе, Ақтөбе маңындағы өзендердің ішінен тұздылығы аз ол Елек, содан кейін Қарғалы, ал ең тұзды Сазды өзені болып шықты. Ал тұздылығы өте аз – ол Бурабай көлінің суы болып шықты.

Қардағы ерітілген заттар мөлшері ең аз, фильтр суымен салыстырғанда да аз. Жаңбыр суының тұздылығы өте аз, өте жұмсақ су. Ол судың жұмсақтығы Тассай суымен бірдей деп айтуға болады. Ішетін сулармен салыстыра келе, ең тұздылығы аз – ол Балалар суы, одан кейін «Cevilon Aura» фирмасының фильтрінен өткен су, «Тассай»», Асу, «Қаратөбе» суы. «Von aqua», Туран сулары минерализацияланған болып есептеледі. Ал Әсем-ай суы жоғары минерализацияланған. Хобда ауланындағы бұлақтың суы өте пайдалы, себебі кранның суына қарағанда оның минерализациясы аз, бірақ филтрден өткен судан жоғарырақ. Біз білуімізше, адам ағзасына минералдар да қажет. Сондықтан, ғылыми зерттеуіміз бойынша, ең пайдалы да зиянсыз су – ол 80-250 ppm арасындағы су. Ал кран суының тұздылығы жоғары, сонымен қатар оның тұздылығын көтеріп тұрған суда ерітілген хлор, колонканың суын ішу өте зиян, себебі оның тұздылығы 500 ppm-нен асып тұр.

Экспериментіміздің екінші бөлігінде судағы ерітілген заттар мөлшерін азайтудың физикалық әдістерін қолданып, тиімділігін анализатормен тексердік.

Суларды тазарту үшін сапасы бірдей кран суын алдық. Кран суының тұздылығы экспериментке дейін 482 ppm болды. Ал бірқатар эксперименттер жасағаннан кейін сулардың тұздылығының нәтижесі кестеде көрсетілген.

Суларды тазарту тәжірибесінің нәтижелері келесі кестеде көрсетілген

Кесте 4. Суларды тазарту тәжірибесінен кейін алынған нәтижелер

	Тазарту тәсілі	Тазартуға дейін	Тазартудан кейін
1	Белсенді көмір	482	388
2	Мүздату	482	131
3	Тұндыру	482	450
4	Суға күміс салып қою	482	244
5	Суға шунгит салып қою	482	215
6	Қайнату	482	512

Кестеде үй жағдайында қолжетімді суды тазарту тәсілдері ғылыми тұрғыдан тексерілген. Көрініп тұрғандай, ең тиімді тәсіл - ол суды мұздату тәсілі. Күнделікті бөтелкеге құйылған суды 4-5 сағатқа мұздатқышқа салып қойса, қатпаған бөлігін төгіп тастап, қатқан бөлігі ішуге келеді. Су қатқан кезде, ең бірінші судың ерітілген заттар аз бөлігі қатып, ал тұзды бөлігі көпке дейін қатпайды екен. Сондықтан да қалған қатқан суды ерітіп ішуге болады [9, 10].

Күміс ежелден өте жақсы антисептик болып есептелінеді. Күміс салынып қойған суда күміс иондары бөлініп, су құрамындағы вирус және микробтары жойылады. Бірақ суға күмісті 1 тәуліктен аса қолдануға болмайды, себебі су құрамында күміс иондар концентрациясы көбейіп кетсе, ол өте зиян болып есептелінеді [11].

Белсендірілген көмір салып қою суды 1,5 есе тазартады. Белсендірілген көмір өте жақсы сорбциялық қасиетке ие. Сол қасиет арқылы судағы зиянды заттар кетеді.

Шунгиттің ерекше қасиеті – оның құрылымы фуллерен тәріздес болуы. Осындай құрылымға ие материалдар ерекше абсорбциялық қасиеттерге ие болады [12,13,14].

Тұндыру тәсілімен, көріп отырғаныңыздай, бір тәулікте су көп тазара қоймайды, бірақ 1 апта ішінде жақсы тазарады. Мұндағы негізгі принцип – ауыр металдар гравитация әсерінен төменге түсіп, ал хлор өз жеңілдігінің арқасында судан шығып кетеді [15].

Ал қайнату кезінде судағы ерітілген заттар мөлшері көбейеді, себебі ерітілген заттар қалады да, су мөлшері булану арқылы кемиді. Сондықтан концентрациясы көбейеді деп айтуға болады. Қайнатуды тек бактерия және вирустардан қорғану үшін қолданады.

Арнайы суда ерітілген заттардың мөлшердің ppm бірліктерімен өлшейтін анализатор арқылы біз келесі жұмыстарды жүргіздік:

- Ішетін сулардың сапасын тексердік. Айта кететін болсақ, Арнайы қондырмалы фильтрден өткен су, Кран суы, Қобда ауданындағы бұлақтың суы, Қарапайым құмыра фильтрінің суы, Ақтөбе қаласының «Москва» ауданындағы колонка суы, Тассай, Асу, Туран минерал суы, Балалар суы «Veroni kids», Әсем-ай минерал суы, Bon aqua суы, Қаратөбе суы. Олардың ішінен сапасы ең жоғары ол балалар суы, арнайы қондырмалы фильтр суы. Колонканың су сапасы 500 ден асады, сондықтан ол зиян, кран суы да сапасы өте төмен. Тассай, Асу сулары 80-90 ppm [15].

- Өзен суларын зерттедік – Қарғалы, Елек, Сазды, Жанбыр суы, қар, Бурабай көлі, Ойыл өзені, Орал өзені. Жанбыр суының сапасы Тассай суының сапасымен тең. Ал өзендердің ішінде ең тұщысы – Елек, тұздысы – Сазды өзені.

- Үй жағдайында филтрсіз суды физикалық әдістермен тазарту эксперименттері жасалды және нәтижесі анализатормен тексерілді. Соның ішінде – тұндыру, мұздату, белсендірілген көмір, күміс, шунгит салу. Ең жақсы тазару мұздатудан кейін болды, ең қолжетімдісі – белсендірілген көмір салу және тұндыру.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Резников А.А. Методы анализа природных вод. – Москва, 2013. – 478 с.
- [2] Паршутин Л.А. Формирование естественнонаучной грамотности учащихся в процессе организации проектной и учебно-исследовательской деятельности на уроках биологии // Новая наука: опыт, традиции и инновации. – 2017. - №2. – С. 58-64
- [3] John Machell, Kevin Prior, Richard Allan and John M. Andresen. Drinking water purity – a UK perspective // Royal Society of Chemistry. – 2015. –Vol. 1. – P. 268-271.
- [4] Felipe Gomes, Vilani Rodrigo, Schweitzer Rafaela, Fonseca Arantes, Felipe Nascimento, Vieira Carlos, Manoel do Espírito, Santo Walter Quadros Seiffert. Strategies for water preparation in a biofloc system: Effects of carbon source and fertilization dose on water quality and shrimp performance // Aquacultural Engineering. -2016. –Vol. 74.-P. 70-75
- [5] C. R. Ramakrishnaiah, C. Sadashivaiah, and G. Ranganna. Assessment of Water Quality Index for the Groundwater in Tumkur Taluk, Karnataka State, India // E-Journal of Chemistry. -2013. –Vol. 6, Issue 2.-P. 523-530
- [6] E. A.Atekwana, R.S.Rowe, D. DaleWerkema Jr, F.D.Legall. The relationship of total dissolved solids measurements to bulk electrical conductivity in an aquifer contaminated with hydrocarbon // Journal of Applied Geophysics. -2014. – Vol.56, Issue 4. – P. 281-294
- [7] Kyle N.Horner, Michael A.Short, D.C.McPhail. Chloride and bromide sources in water: Quantitative model use and uncertainty // Journal of Hydrology. -2017. –Vol. 549.-P. 571-580
- [8] Назаров, А.Д. Подземные воды и их использование / А.Д. Назаров, С.Л. Шварцев // Природные ресурсы Томской области. – Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. – С. 114–136.
- [9] Шевченко, М.А. Реакции озонирования в водных растворах / М.А. Шевченко, В.В. Гончарук, Б.К. Кержнер // Химия и технология воды. – 1987. – Т. 9. – № 4. – С. 334– 345. 5. Яворовский, Н.А.

- [10] Очистка воды с применением электроразрядной обработки / Н.А. Яворовский, В.Д. Соколов, Ю.Л. Сколупович, И.С. Ли // Водоснабжение и санитарная техника. – 2000. – № 1. – С. 12–14.
- [11] Alaaeddin Alsbaiee, Brian J. Smith, Leilei Xiao, Yuhuan Ling, Damian E. Helbling, William R. Dichtel. Rapid removal of organic micropollutants from water by a porous β -cyclodextrin polymer// *Nature*.-2016.- Vol.529. –P.190–194
- [12] Годымчук А.Ю. Использование природных минералов для очистки воды от тяжелых металлов. // Материалы региональной научно- практической конференции «Полифункциональные химические материалы и технологии». 9-10 ноября 2000г. Томск: Изд-во ТГУ, 2000. - С. 92-94.
- [13] Подольская З.В., Бузаева М.В., Климов Е.С. Адсорбция ионов тяжелых металлов на гальванических шламах и захоронение шламов в почву // Журнал прикладной химии. – 2011. – Т. 84. – Вып. 1. – С. 39 – 43. 54. Климов Е.С., Калюкова Е.Н., Бузаева М.В. Адсорбция сульфатионов на природных минералах опок, доломите и шунгите // Изв. вузов. Химия и химическая технология. – 2010. – Т. 53. – № 7. – С. 63 – 65
- [14] Новиков М.Г. Основные тенденции в области улучшения качества очистки поверхностных вод // Вода и экология. - 1999.- № 1. - С. 12÷14.
- [15] Bernhardt H. Reservoirs and drinking water supply — a global perspective // *Aqua*.-1995.-№ 44. – P. 2-17.

Жантурина Н.Н.

Определение концентрации растворенных веществ в воде с помощью TDS анализатора и физические методы очистки воды

Резюме. В статье с помощью специального анализатора, определяющего количество растворенных веществ в воде в единицах ppm было измерено качество питьевых вод, рек. В том числе, вода различных марок, вода из под крана, колонки, родника, дождевая вода. Самыми чистыми оказались детская вода и вода из установочного фильтра. Также были исследованы физические способы уменьшения количества растворенных веществ в воде в бытовых условиях, такие как – отстаивание, замораживание, при помощи активированного угля, серебра, шунгита. Эксперименты по определению эффективности методов уменьшения количества растворенных веществ в бытовых условиях помогут выбрать оптимальный метод очистки.

Ключевые слова: вода, анализатор, количество растворенных веществ, абсорбционная способность, ppm

Zhanturina N.

The determination of dissolved solids in water by TDS analyzer and physical methods of cleaning

Resume. In the paper, with the help of a special analyzer determining the amount of dissolved substances in water in ppm, the quality of drinking water, rivers was measured. Including, water of various marks, tap water, columns, spring, rain water. The cleanest were the children's water and water from the installation filter. Methods of water treatment in domestic conditions, such as sedimentation, freezing, with the help of activated carbon, schungite, silver were also investigated. The results of the project can be useful, since everyone knowing the amount of dissolved substances in each type of water can choose their own water for health reasons. And experiments to determine the effectiveness of cleaning methods in domestic conditions will help us choose the best method of cleaning.

Key words: water, analyzer, dissolved solids, absorption property, ppm

• ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 669.85/.86:553.495

^{1,2} B.K. Kenzhaliev, ¹ D.M. Yessimova, ¹ T.Yu. Surkova,
¹ L.U. Amanzholova, ¹ S.T. Akchulakova

⁽¹⁾JSC «Institute of Metallurgy and Ore Beneficiation», Almaty, Kazakhstan.

²-NJSC Kazakh National Research Technical University named after K.I.Satpayev
Almaty, Kazakhstan. dina-28@inbox.ru)

PREPARE YOUR PRODUCTS FOR PARTICIPATION OF DRYING ITEMS

Abstract. Rare-earth elements (REE) and their compounds have complex properties and are widely used in various industries. The main area of use is petrochemical, electronics, glass, ceramic industry, metallurgy.

Increasing demand for rare-earth elements requires additional sources of raw materials. One of them is uranium industry waste and intermediate products. Part of the rare-earth elements are concentrated in the phosphate uranium ore. In the processing of such ores, (REE) is concentrated in the structure of technogenic minerals and their share reaches 5.0 %. Obtaining a concentrate of rare earth elements with processing technology consists of the following parts: disclosure of primary raw materials, cleaning of productive solutions from impurities; Removal of rare earth elements.

The main output of the CTM is associated with the second stage when the product is purified, meaning that the pH of the mixture is contraction, as the pH changes. At this stage, 30 % of the rare-earth elements shrink with the mixture.

Specific research work has been undertaken to find ways and solutions to address these issues. That is, the properties and composition of sediments and solutions formed in the solutions of the original solution, ranging from pH 1,6 to 4,0, have been studied by physical and chemical methods. Consequently, the concentration of sediments has been given greater importance. In the process, when the pH solution was repaired, reducing the temperature, the solubility of the rare-earth elements increased. The results of the research have shown that the optimal condition for the cleaning of product solutions was reduced by reducing the (REE) coagulation.

Key words: rare-earth elements, composition of technogenic minerals (CTM), pH-solubility, physical-chemical research.

Б.К. Кенжалиев ^{1,2}, Д.М. Есимова¹, Т.Ю. Суркова¹,
Л.У. Аманжолова¹, С.Т. Акчулакова¹

⁽¹⁾Институт металлургии и обогащения, Алматы, Республика Казахстан

²Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан, dina-28@inbox.ru)

ПОДГОТОВКА ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Аннотация. Редкоземельные элементы (РЗЭ) и их соединения обладают комплексом свойств, обеспечивающих их широкое применение в различных областях промышленности. Наиболее важными областями являются нефтехимия, электроника, стекольная, керамическая промышленность, металлургия.

Увеличение спроса на редкоземельные элементы требует изыскания дополнительных сырьевых источников. Одними из них могут быть отходы урановой промышленности. Редкоземельные элементы, в основном, сосредоточены в фосфатных урановых рудах. При переработке таких руд РЗЭ концентрируются в техногенных минеральных образованиях (ТМО), где их содержание достигает 5,0 %. Технология переработки ТМО с получением концентрата редкоземельных элементов включает следующие переделы: вскрытие исходного сырья; очистка продуктивных растворов от примесей; получение концентрата редкоземельных элементов.

Основные потери РЗЭ связаны со второй стадией – очисткой продуктивных растворов, которая преду-

считывает осаждение примесных элементов при изменении pH. На данной стадии совместно с примесными сосаждаются до 30 % редкоземельных элементов.

Для поиска путей и способов решения проблемы снижения сосаждения РЗЭ исследования были направлены на детальное изучение физико-химическими методами состава и свойств растворов и осадков, образующихся при корректировке исходного модельного раствора, близкого по составу продуктивному, в диапазоне pH 1,6-4,0. Уделено значительное внимание условиям формирования осадка. Показано увеличение растворимости редкоземельных элементов при снижении температуры в процессе корректировки pH раствора. На основании полученных результатов определены оптимальные условия очистки продуктивных растворов при минимизировании сосаждения РЗЭ.

Ключевые слова: редкоземельные элементы, техногенные минеральные образования (ТМО), pH раствора, физико-химические исследования.

Промышленно-экономический уровень той или иной страны, по мнению специалистов, определяется, в том числе, и масштабами потребления редкоземельных элементов, так как редкие земли играют ключевую роль в производстве материалов для высокотехнологичных сфер потребления, таких как электронная и электрооптическая отрасли, информационные технологии, биомедицина, охрана окружающей среды, энергосбережение [1-5].

В связи с возросшим в последние два десятилетия спросом на РЗЭ, изыскиваются дополнительные сырьевые источники для их извлечения и концентрирования. Одним из таких источников могут быть промпродукты переработки урановых руд [6-8]. Особенностью урановых месторождений Казахстана является большое разнообразие типов по минералогическому и физико-химическому составам и, как следствие, широкий спектр сопутствующих ценных элементов.

Редкоземельные элементы, в основном, сосредоточены в фосфатных урановых рудах. При переработке таких руд РЗЭ концентрируются в техногенных минеральных образованиях (ТМО), где их содержание достигает 5,0 %. Данное техногенное сырье служит исходным при производстве концентрата РЗЭ на ТОО «SAREKO» - дочернем предприятии НАК «Казатомпром».

Методика проведения исследования. В качестве исходного материала на первом этапе использовали модельные растворы следующего состава, г/дм³: Fe- 5,5; P- 7,2; La -2,1; pH=0,6. а на втором мг/дм³: La-102,0; Ce-103,10; Dy-58,20; Er-27,21; Eu-3,91; Gd-67,10; Ho- 13,12; Lu-5,20; Nd-132,10; Pr-51,30; Sm- 34,31; Tm-4,71; Yb-26,62; Y-436,21; г/дм³: Fe- 5,5; P- 7,2; pH=0,6.

В качестве исходных продуктов для приготовления модельного раствора использовали сульфаты редкоземельных элементов и ортофосфат натрия. Учитывая, что в исходном сырье железо присутствует в разных формах, нами был синтезирован и идентифицирован оксид-гидроксид железа и на его основе приготовлен модельный раствор указанного выше состава.

Рентгенофазовый анализ идентифицировал синтезированное вещество как смесь Fe₂O₃ и Fe₃O₄·H₂O

В качестве реагентов применяли гидроксид натрия квалификации «технический», ГОСТ 2263-79, серную кислоту квалификации «техническая», ГОСТ 2184-77, сульфаты редкоземельных элементов и ортофосфат натрия.

Корректировку модельного раствора по значению pH вели гидроксидом натрия. Откорректированный раствор при определенном pH, спустя 0,5 часа, фильтровали, фильтрат и осадок анализировали на содержание компонентов физико-химическими методами.

Спектры растворов получены на ИК-Фурье спектрометре «ALPHA» в спектральном диапазоне 4000-400 см⁻¹. Модуль PLATINUMATR.

Данные рентгенофазового метода анализа получены на приборе D8 ADVANCE (Bruker AXS GmbH) с кобальтовым анодом, излучение α - Cu. Расшифровку проб и поиск фаз проводили с помощью программного Search/match с использованием базы данных карточек ASTM.

Рентгенофлуоресцентный анализ проводили на рентгенофлуоресцентном волнодисперсионном спектрометре Venus 200 Axios PANalytical B.V. (Голландия).

Методы анализа. Количественное содержание редкоземельных элементов определяли на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Optima 8300DV.

Результаты и их обсуждение

Состав усредненной пробы ТМО представлен в таблице 1. Из таблицы следует, что содержание редкоземельных элементов легкой группы составляет 2,0-3,0 масс. %, а средней и тяжелой - до 1,0-2,0 %. Данное сырье может конкурировать с минеральным. Основными примесными элементами являются железо, фосфор, в меньшем количестве - магний, кальций, алюминий.

Таблица 1. Исходный химический состав усредненной пробы руды ТМО

Наименование	Содержание, %												
	РЗЭ тяжелой подгруппы											ΣTR _Y	ΣTR
	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Y			
ТМО	0,182	0,037	0,162	0,027	0,175	0,041	0,196	-	0,67	1,030	1,917	4,958	
	Содержание, %												
	РЗЭ легкой подгруппы					Примеси							
	La	Ce	Pr	Nd	ΣTR _{Ce}	Fe	Mg	Al	Th	Ca	P		
		0,094	1,430	0,091	0,574	3,041	7,1	1,20	3,06	0,05	2,65	10,2	

Технология переработки ТМО с получением концентрата редкоземельных элементов включает следующие переделы: вскрытие исходного сырья; очистка продуктивных растворов от примесей; получение концентрата редкоземельных элементов.

Наиболее ощутимые потери РЗЭ связаны со второй стадией – очисткой продуктивных растворов. Данная стадия предусматривает осаждение трехвалентного железа и фосфора – наиболее представительных примесных элементов, а также, в меньшей мере, алюминия, кальция и магния. Совместно с вышеуказанными элементами соосаждается до 30 % редкоземельных, которые достаточно сложно впоследствии отделить от примесей и выделить из осадка.

Для поиска путей и способов решения проблемы нами были приготовлены модельные растворы, состав которых по основным компонентам повторяет исходные продуктивные от сернокислотного выщелачивания ТМО.

Проведя анализ содержания отдельных элементов в продуктивных растворах в динамике, нами был приготовлен модельный раствор.

В ходе исследований раствор был откорректирован по значению pH в интервале 1,6- 4,0: исходный продуктивный раствор последовательно нейтрализовали до значений pH 1,6; 1,7; 2,5; 3,2; 4,0 гидроксидом натрия. Данный интервал pH был выбран с учетом трансформации соединений железа и редкоземельных элементов для выбора оптимальных условий подготовки продуктивных растворов. Откорректированный раствор фильтровали, фильтрат и осадок анализировали на содержание компонентов рентгенофлуорисцентным и химическим, а формы их присутствия - ИК-спектроскопическим и рентгенофазовым методами. Полученные результаты химического анализа раствора представлены в таблице 2, ИК - спектроскопического- на рисунке 1.

Исследования показали (таблица 2), что, по мере увеличения значений pH модельного раствора от 1,6 до 4,0, степень осаждения железа увеличивается практически до 98-99 %, фосфора возрастает до 45-50 %, редкие земли интенсивно осаждаются в интервале pH 1,6-3,2, далее процесс осаждения замедляется. При значении pH 1,6-1,7 степень соосаждения редкоземельных элементов составляет 25-26 %, а при 2,5 - свыше 80 %. Осаждение железа имеет место при pH 1,6 в меньшем количестве, чем при 1,7, т.е. осаждение примесных элементов следует вести при pH 1,7.

Таблица 2. Степень осаждения редкоземельных и примесных элементов в зависимости от pH раствора

pH раствора	Содержание в растворе, г/дм ³			Степень осаждения, %		
	Fe	P	La	Fe	P	La
1,6	1,61	4,19	1,64	70,8	41,8	22,2
1,7	0,60	3,98	1,575	89,0	44,7	25,0
2,5	0,45	3,72	0,21	91,9	48,3	90,0
3,2	0,30	3,61	0,09	95,2	49,9	95,7
4,0	0,05	3,52	0,02	99,0	51,1	99,0

Далее были проведены ИК- спектроскопические исследования исходного раствора и откорректированного при разных значениях pH. Спектры растворов получены на ИК-Фурье спектрометре «ALPHA» в спектральном диапазоне 4000-400 см⁻¹. Модуль PLATINUMATR.

В спектре исходного раствора (pH 0,6) наблюдаются полосы поглощения валентных $\nu(\text{OH})$ – 3359 см⁻¹, деформационных δHOH -1632 см⁻¹ колебаний молекулярной воды. Гидросульфат-ион – HSO_4^- , координированный металлом - 1175, 1045, 880, 579 см⁻¹ [9].

Спектр раствора, полученного при pH 1,7 отличается от предыдущего. В спектре наблюдаются полосы поглощения валентных $\nu(\text{OH}) - 3354 \text{ см}^{-1}$, деформационных $\delta\text{HOH} - 1640 \text{ см}^{-1}$ колебаний молекулярной воды [9,10].

Сульфат-ион $[\text{SO}_4]^{2-} - 1085, 981, 604 \text{ см}^{-1}$ превалирует над гидросульфат-ионом $-\text{HSO}_4^- - 1189, 887, 587 \text{ см}^{-1}$. Появляются полосы поглощения фосфатов: группа $[\text{PO}_4]^{3-} - 1085 \text{ см}^{-1}$, группы $[\text{PO}_4]^{3-}, \text{HPO}_4^{2-}, \text{H}_2\text{PO}_4^-$ в диапазоне $1100-950 \text{ см}^{-1}$ [11].

Спектры растворов, откорректированных при pH 2,5; 3,2; 4,0 имеют сходный профиль, отмечается сдвиг полосы $\nu[\text{SO}_4]^{2-}$ в длинноволновую область при увеличении содержания ионов $[\text{PO}_4]^{3-}$, что свидетельствует об изменении концентрации компонентов.

Об изменении солевого фона раствора свидетельствует и перераспределение интенсивности полос $\nu[\text{OH}]$ - и $\nu[\text{SO}_4]^{2-}$.

Согласно рентгенофазовому анализу, осадки, полученные при корректировке pH в диапазоне 1,7-4,0, в первую очередь, в силу высокой исходной концентрации серной кислоты, используемой для выщелачивания техногенного сырья, и, соответственно, высокой концентрации гидроксида натрия, применяемого для нейтрализации раствора до определенных значений pH, образуются сульфаты натрия и железа сложного состава (таблица 3).

Фосфат лантана зафиксирован только при pH 4,0. В этих условиях соосаждается свыше 90 % РЗЭ. При более низких значениях pH редкоземельные элементы (на примере лантана) не проявляются ввиду малой концентрации в осадке. О наличии можно судить только по данным рентгенофлуорисцентного анализа (таблица 4).

Данные рентгенофазового анализа дополнены результатами ИК-спектроскопических исследований, согласно которым в спектрах зафиксированы полосы, относящиеся к колебаниям сульфат-иона в молекулах с симметрией C_2 или C_1 [12]: $1148,40; 1106,35 \text{ см}^{-1}(\nu_3)$ и $638,36; 616,98. \text{ см}^{-1}(\nu_4)$., т.е имеет место образование двойных сульфатов.

Таблица 3. Фазовый состав осадка при разных значениях pH

Значение pH	Состав осадка
1,7	Thenardite – Na_2SO_4 ; Sodium Sulphate - Na_2SO_4 ; Sodium Hydrogen Sulphate - NaHSO_4 ; Iron Oxide Sulphate Hydrate – $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$; Iron Phosphate- FePO_4
2,5	Thenardite – Na_2SO_4 ; Sodium Sulphate - Na_2SO_4 ; Mirabilite - $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$; Iron Oxide Sulphate Hydrate – $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$; Iron Phosphate - FePO_4
4,0	Thenardite – Na_2SO_4 ; Sodium Sulphate - Na_2SO_4 ; Iron Oxide Sulphate Hydrate – $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$; Iron Phosphate - FePO_4 ; Lanthanum phosphate - $\text{LaPO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$; Iron Oxide - Fe_2O_3 .

Таблица 4. Элементный состав осадка при разных значениях pH

Наименование элементов	Содержание в пробах, %		
	pH – 1,7	pH – 2,5	pH – 4
O	37,935	37,695	43,850
Na	19,548	22,622	22,883
P	0,051	0,026	0,236
S	12,186	14,569	12,233
Fe	0,887	1,882	1,250
La	0,438	0,866	0,357

Из полученных результатов следует, что при корректировке раствора до pH 1,7, в процессе формирования осадка, согласно литературным данным [13] и результатам исследований, возможно образование фосфатов железа и лантана, однако при высокой исходной концентрации серной кислоты, используемой для выщелачивания техногенного сырья, и, соответственно, высокой концентрации гидроксида натрия для нейтрализации ее до определенных значений pH, в первую очередь образуются сульфаты натрия и железа сложного состава, а также, по данным ИК- спектроскопического анализа, - двойные сульфаты, в том числе и редкоземельных элементов.

Далее, с целью выяснения характера поведения отдельных редкоземельных элементов в про-

цессе изменения рН раствора и решения одной из проблем производства – снижения соосаждения РЗЭ, - нами было изучено поведение отдельных РЗЭ в процессе осаждения примесных элементов. Полученные данные приведены в таблице 5, из которой следует, что минимальная степень осаждения редкоземельных элементов наблюдается при рН 1,6-1,7, а резкое снижение их концентрации в диапазоне 2,5-3,2. В этих условиях РЗЭ соосаждаются в виде фосфатов и, частично, сульфатов с примесными элементами практически полностью.

Таким образом, физико-химические исследования модельных растворов и осадков, полученных при их корректировке в режиме рН показали, что фосфаты редкоземельных элементов и железа начинают формироваться уже при рН 1,6 -1,7, в этих же условиях образуются сульфаты железа сложного состава, двойные сульфаты редкоземельных элементов и сульфаты натрия, в том числе, в виде тенардита и мирабелита. Интенсивное образование осадка РЗЭ наблюдается в интервале рН 2,5-3,2. При рН 2,5 в осадок выпадает свыше 80 % РЗЭ, а при рН 3,2 –свыше 90 %. Что касается железа, то по мере изменения рН раствора, начинают формироваться гидроксиды и оксиды железа, которые превалируют при рН 4,0. Образование гидроксидов и оксидов железа затрудняет процесс фильтрации осадка.

Между тем, из литературных источников известно [14-15], что сульфаты РЗЭ обладают аномальным свойством: растворимость сульфатов увеличивается с понижением температуры раствора.

Проведенные далее исследования были направлены на определение степени соосаждения отдельных РЗЭ при рН 1,7 в процессе очистки модельного раствора от примесей в условиях резкого охлаждения. Полученные результаты приведены в таблице 6 и на рисунке 1. При резком охлаждении раствора в период осаждения примесных элементов увеличивается растворимость сульфатов редкоземельных элементов, и снижается их соосаждение с осадком. Из представленных данных видно, что содержание в растворе всех редкоземельных элементов в процессе резкого охлаждения раствора выше, чем при медленном охлаждении, но в разной степени. Особенно это видно на примере церия и иттрия и, в меньшей степени, – лантана, диспрозия, гадолиния и празеодима.

Такое поведение элементов связано с их исходной концентрацией, превосходящей остальные, особенно для церия и иттрия, а для иттрия – также со строением его электронной оболочки.

Таким образом, исследования показали, что наименьшее соосаждение редкоземельных элементов с примесными наблюдается при рН 1,7 в режиме резкого охлаждения раствора.

Таблица 5. Поведение РЗЭ в процессе изменения рН продуктивного раствора

рН	Содержание, мг/л														
	La	Ce	Dy	Er	Eu	Gd	Ho	Lu	Nd	Pr	Sm	Tb	Tm	Y	Yb
0,6	102,0	103,10	58,20	27,21	3,91	67,10	13,12	5,20	132,10	51,30	34,31	9,90	4,71	436,21	26,62
1,7	76,51	77,22	43,50	21,12	2,90	50,25	9,75	3,76	99,01	36,96	25,73	7,43	3,53	327,16	19,96
2,0	48,21	46,41	26,11	12,22	1,91	30,15	5,84	2,36	59,41	24,38	15,44	4,46	2,12	196,29	11,97
2,2	20,42	19,12	4,74	2,25	0,61	13,60	2,71	1,10	26,40	11,12	6,86	1,98	0,94	87,24	5,32
2,5	10,22	3,20	2,01	1,31	0,15	7,30	1,31	0,65	13,2	5,89	3,43	0,99	0,47	33,6	2,66
3,2	1,0	0,56	0,46	0,36	0,04	0,68	0,52	0,29	1,67	1,09	1,37	0,39	0,18	7,44	1,06
4,0	0,90	0,51	0,41	0,30	0,04	0,65	0,50	0,22	1,50	0,98	1,30	0,32	0,10	6,90	0,96

Таблица 6. Осаждение отдельных редкоземельных элементов

pH	Содержание, мг/л														Условия	
	La	Ce	Dy	Er	Eu	Gd	Ho	Lu	Nd	Pr	Sm	Tb	Tm	Y	Yb	
0,6	102	103	58,0	27,0	3,9	65,0	13,1	5,1	132	41,3	34,0	9,9	4,7	43,6	26,6	Исходный модельный раствор
1,7	82,5	47	52	25,0	2,2	56,0	12,1	4,8	108	26,6	28,6	9,3	4,5	41,9	24,3	Без охлаждения
1,7	86	91	55	26,0	3,2	63,0	12,3	4,9	110,0	37,3	27,8	9,6	4,6	428	25,4	С охлаждением

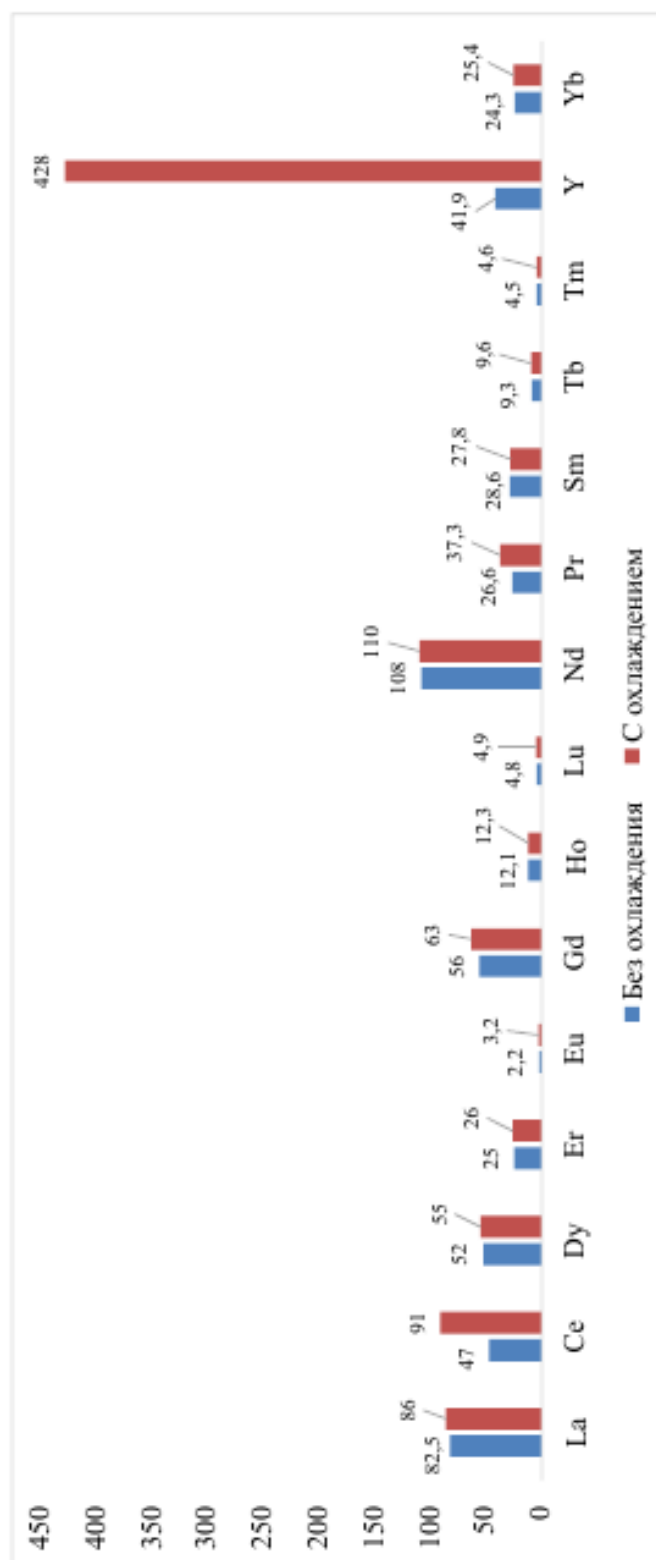


Рис. 1. Осаждение отдельных РЗЭ в зависимости от условий

Выводы

С целью решения проблемы снижения соосаждения редкоземельных элементов были проведены исследования на модельных растворах, состав которых по основным компонентам повторяет исходные продуктивные от сернокислотного выщелачивания ТМО.

В ходе исследований раствор был откорректирован по значению pH в интервале 1,6- 4,0: Данный интервал pH выбран с учетом трансформации соединений железа и редкоземельных элементов для выбора оптимальных условия подготовки продуктивных растворов. Откорректированный раствор фильтровали, фильтрат и осадок анализировали на содержание компонентов рентгенофлуорисцентным и химическим, а формы их присутствия - ИК-спектроскопическим и рентгенофазовым методами. Полученные результаты показали, что фосфаты редкоземельных элементов и железа начинают формироваться уже при pH 1,6 -1,7, в этих же условиях образуются сульфаты железа сложного состава, двойные сульфаты редкоземельных элементов и сульфаты натрия, в том числе, в виде тенардита и мирабилита.

Интенсивное образование осадка РЗЭ наблюдается в интервале pH 2,5-3,2. При pH 2,5 в осадок выпадает свыше 80 % РЗЭ, а при pH 3,2 –свыше 90 %. Что касается железа, то по мере изменения pH раствора, начинают формироваться гидроксиды и оксиды железа, которые преобладают при pH 4,0. Образование гидроксидов и оксидов железа затрудняет процесс фильтрации осадка.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Lokshin E.P., Tareeva O.A. Recovery of lanthanides from extraction phosphoric acid produced by the dihydrate process // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2010. – Vol. 83. – P. 951-957.
- [2] Todorovsky D., Terziev A., Milanova M. Influence of mechanoactivation on rare earths leaching from phosphogypsum // Hydrometallurgy. – 1997. – Vol. 45. – P. 13-19.
- [3] Юлусов С.Б., Суркова Т.Ю. К вопросу об извлечении редко-земельных элементов из урановых руд //КИМС, №5, 2010. - С.103-107.
- [4] Раденко Н.Л., Корецкая Т.Д. О перспективах редкоземельного оруднения Казахстана.// Материалы Международной конференции “Топор-ковские чтения”. Рудный, 1999. - С. 187-195.
- [5] Поцелуев А.А., Рихвалов Л.П., Николаев С.Л. О комплексном характере урановых руд и редкометалльных месторождений Северо-Казахстанской рудной провинции//Материалы Международной конференции “Минеральные ресурсы – важнейший фактор интеграции Республики Казахстан в систему мировой экономики”. Алматы, 1993.- С. 169-171
- [6] Суркова Т.Ю., Юлусов С.Б., Павлов А.В. Извлечение редкоземельных элементов из растворов кучного выщелачивания урановых руд //Доклады Международной научной конференции «Наука и образование – ведущий фактор стратегии «Казахстан – 2030» - Караганда, 2010. - С. 135-137.
- [7] Б.К. Кенжалиев, Т.Ю.Суркова, С.Б.Юлусов, Э.А.Пирматов, А.П. Дуленин Получение концентрата редкоземельных элементов из отходов и промпродуктов урановой промышленности // КИМС № 1 2017. – С. 110-113
- [8] Lokshin E.P., Tareeva O.A., Elizarova I.P. Processing of phosphodihydrate to separate rare-earth elements and obtain gypsum free from phosphates and fluorides // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2011. – Vol.84. – P.1461-1469.
- [9] Косынкин В.Д., Селивановский Т.Т., Смирнов К.М., Крылова О.К. Комплексная переработка фосфогипса с получением химически осажденного мела, гипса и концентрата редкоземельных элементов // Цветные металлы – 2012. – № 3. – С. 31 – 34.
- [10] Hammam-Nasri Ines, Horchani-naifer Karima, Ferid Mokhtar, Barca Donatella // Rare earths concentration from phosphogypsum waste by two-step leaching method. - 2016. Vol.149. - P. 78-83
- [11] V.C. Farmer «The Infrared Spectra of minerals», MINERALOGICAL SOCIETY, 41 QUEEN’S GATE. London, 1974, - P. 539.
- [12] Накамото «Инфракрасные спектры неорганических и координационных соединений»: Пер. с англ. – М.: Мир, 1966. – С. 412.
- [13] Л.А.Казицына, Н.Б. Куплетская «Применение УФ-, ИК- и ЯМР- спектроскопии в органической химии», Москва, В.Ш., 1971, - С. 264.
- [14] Moenke H., Mineralspektren, Acad. Verlag, Berlin, 1962, - P. 394.
- [15] Большаков К.А. Химия и технология редких и рассеянных элементов. М.: Высшая школа. – 1978. – С. 361.

Кенжалиев Б.К., Есімова Д.М., Суркова Т.Ю., Аманжолова Л.У., Акчулақова С.Т.

Сиреккездесетін элементтерді бөліп алу үшін өнімді ерітінділерді дайындау

Резюме. Сиреккездесетін элементтердің концентраттарын алу үшін шикізат ретінде, техногенді минералды құралындағы фосфатты уран кендері болып табылады. Демек, өнімді ерітінділерді дайындау нәтижесінде pH режимі 30% жоғары болғанда, қоспа элементтері шөгіледі. СКЭ бірге шөгілуін төмендету үшін, бұл

мәселелердің шешу әдістері мен жолдарын іздестіруде нақты зерттеу жұмыстары жасалынды. Яғни, pH 1,6 – 4,0 аралығында өнімнің құрамына жақын, бастапқы модельді ерітінділерде пайда болған шөгінділер мен ерітінділердің қасиеттері әрі құрамы, физикалы-химиялық әдістермен зерттелінді. Демек, шөгіндінің топтасуына анағұрлым мән берілді.

Түйінді сөздер: сиреккездесетін элементтер, техногенді минералдардың құралуы (ТМК), pH ерітінді, физикалы-химиялық зерттеу.

Kenzhaliev B.K., Yessimova D.M., Surkova T.Yu., Amanzholova L.U., Akchulakova S.T.

Prepare your products for participation of drying items

Summary. Technogenic mineral formations from the processing of phosphate uranium ores are the starting material for obtaining a concentrate of rare-earth elements, the loss of which as a result of coprecipitation with impurities in the preparation of productive solutions in the pH regime is more than 30%. To solve the problem of reducing the coprecipitation of REE, the studies were aimed at a detailed study by physicochemical methods of the composition and properties of solutions and precipitates formed when adjusting the original model solution that is close in composition to a productive solution in the pH range 1.6-4.0.

Key words: rare-earth elements, composition of technogenic minerals (CTM), pH-solubility, physical-chemical research.

УДК 669.7.018.672

Z. Karshigina, Z. Abisheva, Ye. Bochevskaya, S. Kan, U. Beysenbiyeva

APPROBATION OF SOLVENT EXTRACTION METHODS FOR LITHIUM RECOVERY FROM NATURAL BRINES OF KAZAKHSTAN

Abstract. The article presents the results of research on processing of natural brines in Kazakhstan with the purpose of recovery and concentrating lithium. A method of solvent extraction was used to extract the valuable metal. Extraction was carried out using the following extractants: butanol 1, tributyl phosphate (TBP) in methylisobutyl ketone (MIBK) with co-extractant FeCl_3 , iron-containing TBP, a mixture of iron-containing TBP and MIBK, LIX-84-1, LIX 984N, mixtures of LIX-84-1 and Cyanex 923, LIX-984N and Cyanex 923 and MIBK with Cyanex 923. When using the solvent extraction method, lithium was extracted in small amounts into the organic phase. When using a mixture of LIX 84-1 and Cyanex 923 in kerosene, while maintaining pH of brine equal to 11, lithium recovery to the organic phase was ~ 17 %.

Keywords: lithium, brine, solvent extraction, organic extractant, raffinate, recovery.

¹З.Б. Каршигина, ²З.С. Абишева, ¹Е.Г. Бочевская, ³С.М. Кан, ¹У.Ж. Бейсенбиева

(¹Институт металлургии и обогащения, Казахстан, г. Алматы

²Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Республика Казахстан, г. Алматы

³ Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, Республика Казахстан, г. Алматы
E-mail: zaure_karshyga@mail.ru)

АПРОБАЦИЯ ЭКСТРАКЦИОННЫХ СПОСОБОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЛИТИЯ ИЗ ПРИРОДНЫХ РАССОЛОВ КАЗАХСТАНА

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по переработке природных рассолов Казахстана с целью извлечения и концентрирования лития. Для извлечения ценного металла использовался способ жидкостной экстракции. Экстракция осуществлялась с применением следующих экстрагентов: бутанол 1, трибутилфосфат (ТБФ) в метилизобутилкетоне (МИБК) с соэкстрагентом FeCl_3 , железосодержащий ТБФ, смесь железосодержащего ТБФ и МИБК, LIX-84-1, LIX 984N, смеси LIX-84-1 и Cyanex 923, LIX-984N и Cyanex 923 и МИБК с Cyanex 923. При использовании способа жидкостной экстракции литий в небольшом количестве извлекался в органическую фазу. При использовании смеси LIX 84-1 и Cyanex 923 в керосине, при поддержании pH рассола, равного 11, извлечение лития в органическую фазу составило ~17 %.

Ключевые слова: литий, рассол, жидкостная экстракция, органический экстрагент, рафинат, извлечение.

Введение. Литий является самым легким металлом, который в силу своих уникальных свойств широко используется в различных областях, таких как производство литий-ионных батарей (LIBs), металлургия, аэрокосмическая промышленность, ядерная энергетика, производство лазерной техни-

ки, стекла и керамики, полимеров и других [1-5]. Одна из основных областей его применения – это перезаряжаемые литий-ионные батареи. Их преимущество заключается в очень высокой плотности энергии по весу и высокого электрохимического потенциала (3,045 В). При нынешнем уровне потребления для производства батарей ~ 22 % от общего количества лития (Li), ожидается, что к 2020 году он достигнет ~ 40 % [6].

В настоящее время наиболее привлекательным сырьем для лития являются природные рассолы и рапы соляных озер. Казахстан обладает необходимым потенциалом для производства лития. При разработке месторождений нефти и газа вместе с углеводородным сырьем извлекается значительное количество попутных пластовых вод, которые при наличии в них отдельных компонентов или их соединений являются гидроминеральным сырьем. Поэтому исследование и поиск новых технологических решений с целью вовлечения в сферу переработки литийсодержащего гидроминерального сырья является важной и актуальной научно-технической задачей.

При извлечении и концентрировании редких металлов показали высокую эффективность экстракционные способы, что дает основание для рассмотрения их в качестве метода переработки литийсодержащих природных рассолов. Имеются работы, где с целью извлечения и концентрирования лития использовались способы экстракции. В работе [7] извлечение лития из хлоридного раствора, содержащего Li, K, Na и Ca, проводили с использованием бутанола. При равновесном значении pH 7 литий экстрагировался на ~90 %. Известен способ извлечения лития из растворов хлорида магния [8], включающий экстракцию железосодержащим трибутилфосфатом с добавкой нерастворимой в воде карбоновой кислоты, с последующей реэкстракцией раствором соляной кислоты. Содержание железа в экстрагенте составляло от 10 до ~34 г/дм³, экстракцию проводили при pH 2. Степень извлечения лития в экстракт в зависимости от соотношения О:В, концентрации хлорида магния в водной фазе и железа в экстрагенте находилась в пределах 27-80 %. В работе [9] изучено использование нового экстрагента Na[FeCl₄*2TBP] для извлечения лития из рассолов с высоким соотношением Mg/Li. В статье [10] представлено, что литий также был извлечен из рассола с высоким соотношением Mg/Li при противоточной экстракции с использованием в качестве экстрагента трибутилфосфата в метилизобутилкетоне и в качестве соэкстрагента FeCl₃. Процесс включал четыре стадии: экстракцию, промывку, реэкстракцию и регенерацию. Общее извлечение лития было выше 98 %. Для извлечения и отделения лития от ионов других щелочных металлов была проверена различными исследователями эффективная экстракционная система, состоящая из β-дикетона и нейтрального фосфорорганического экстрагента [11-15]. В работе [14] для извлечения лития из растворов хлорида натрия использовали смесь экстрагентов 0,4 М LIX 54 и 0,2 М Cyanex 923 в разбавителе ShellSol D70. При pH 11,2 литий экстрагировался на 97 % синергетической экстракционной системой, состоящей из 0,4 М LIX 54 0,2 М Cyanex 923 в ShellSol D70, при единичном фазовом соотношении и 40 °С. В статье [15] представлены результаты исследований с использованием в качестве экстрагента для извлечения лития из природного рассола с высоким молярным соотношением Na/Li бензоил-1,1,1-трифторацетона (БТФА) и триоктилфосфиноксида (ТОФО) в керосине. Показаны условия для проведения экстракции, промывки, реэкстракции и регенерации. При проведении экстракции в противоточном режиме в смесителе-отстойнике в 7 ступеней в органическую фазу извлекалось 96 % лития.

Обзор экстракционных способов извлечения лития из литийсодержащих растворов показал, что в качестве эффективных экстрагентов использовались бутанол, трибутилфосфат с метилизобутилкетонем в присутствии хлорида железа, а также нейтральные фосфорорганические соединения с дикетонами.

Однако составы отечественных природных рассолов сильно отличаются от зарубежных и научные разработки, а также применяемые технологии привязаны к конкретным технологическим условиям. Поэтому необходимо проведение исследований с целью поиска приемлемых решений для извлечения лития из природных рассолов Казахстана с применением способов экстракции.

Для этого использовались пробы пластовых рассолов из Мангистау-Устюртской провинции промышленных вод, отбор которых осуществлялся ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина». Пробы пластовых рассолов имеют следующий состав, г/дм³: 0,007 - 0,0095 Li; 20,0 - 31,2 Na; 0,02 - 0,61 K; 5,10 - 5,97 Ca; 1,19 - 1,36 Mg; 0,001 - 0,70 Fe_{общ}; 44,80 - 59,59 Cl⁻; 0,27 - 0,32 Sr; 0,774 SO₄²⁻; 0,0064 - 0,0139 В.

Методика проведения эксперимента. Предварительно пробы рассолов подвергались очистке от механических включений и органической фазы с помощью фильтрации под вакуумом.

В качестве экстрагентов использовались бутанол 1 (100 %), трибутилфосфат (ТБФ) в метилизобутилкетоне (МИБК) с соэкстрагентом FeCl₃, железосодержащий ТБФ, смесь железосодержащего

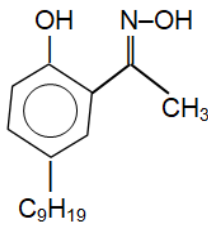
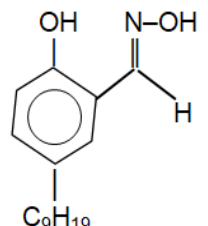
ТБФ и МИБК, LIX-84-1, LIX 984N, смеси LIX-84-1 и Суапек 923, LIX-984N и Суапек 923 и МИБК с Суапек 923. В таблице 1 приведены формулы используемых экстрагентов или их составляющих.

В качестве разбавителя использовали керосин, предварительно очищенный по известной методике.

Опыты по экстракции проводили по общепринятой методике в делительных воронках объемом от 0,25 до 1 дм³ при комнатной температуре – 25±5 °С, заданных соотношениях О:В от 1:1 до 1:10, времени контактирования и отстоя фаз – 5 и 30 мин, соответственно. Перемешивание фаз осуществляли механически. Перед отбором проб на анализ водные растворы после экстракции – рафинаты фильтровали через бумажный фильтр «красная лента».

Природные рассолы и полученные рафинаты анализировали на содержание лития, натрия, калия, кальция и магния. Количественное содержание основных элементов и соединений в богатой органической фазе (экстракт) – по разности содержания их в исходном растворе и рафинате.

Таблица 1. Экстрагенты и их формулы

Название экстрагента	Формула	Структурная формула
Бутанол 1	C ₄ H ₉ OH	$\begin{array}{c} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2 \\ \\ \text{OH} \end{array}$
Трибутилфосфат	(C ₄ H ₉ O) ₃ PO	$\begin{array}{c} \text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \\ \\ \text{O}=\text{P}-\text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \\ \\ \text{O}-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \end{array}$
Метилизобутилкетон	CH ₃ COCH ₂ CH(CH ₃) ₂	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{O} \\ \quad \\ \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{C}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$
LIX-84-1	C ₁₇ H ₂₇ NO ₂	
LIX-860N-1	C ₁₆ H ₂₅ NO ₂	
Суапек 921	(C ₈ H ₁₇) ₃ PO	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3(\text{CH}_2)_7-\text{P}-(\text{CH}_2)_7\text{CH}_3 \\ \\ (\text{CH}_2)_7\text{CH}_3 \end{array}$
Тригексилфосфиноксид	(C ₆ H ₁₃) ₃ PO	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{CH}_3(\text{CH}_2)_5-\text{P}-(\text{CH}_2)_5\text{CH}_3 \\ \\ (\text{CH}_2)_5\text{CH}_3 \end{array}$

Определение лития проводили на двухлучевом атомно-абсорбционном спектрометре Agilent 240FS/AA, оснащенном автоматическим монохроматором и контролем установки ширины щели в пламени «ацетилен – воздух».

Количественное содержание основных элементов и соединений в растворах определяли химическими методами анализа: атомно-абсорбционный (спектрофотометр Varian AA 240), гравиметрический, пламенно-фотометрический, фотометрический и титриметрический.

Рентгенофазовый анализ проводился на дифрактометре D8 ADVANCE "BRUKER AXS GmbH", (Германия) излучение Cu-K α , база данных PDF-2 Международного центра дифракционных данных ICDD (США).

Результаты и их обсуждение. Основной целью исследований являлся поиск и подбор приемлемого экстрагента для извлечения и концентрирования лития из природного рассола.

Экстракция бутанолом 1. Эксперименты проводились с чистым неразбавленным бутанолом 1 при соотношениях О:В = 1:1, 1:4, 1:8 и 1:10. Для опытов использовался рассол, содержащий: Li - 7,2 мг/дм³; Na – 26,4 г/дм³; Cl⁻ – 59,6 г/дм³; Ca – 6,0 г/дм³; Mg – 1,2 г/дм³; K – 0,61 г/дм³. рН исходного рассола = 7. Как показывают результаты опытов (таблица 2), литий не извлекался в органическую фазу. Однако, напротив, имело место извлечение в некоторой степени в экстракт кальция, магния, натрия и калия.

Таблица 2. Извлечение в органическую фазу компонентов природного рассола при экстракции бутанолом 1

О:В	Концентрация в рафинате					Извлечение в экстракт, %				
	Li, мг/дм ³	Na, г/дм ³	Ca, г/дм ³	Mg, г/дм ³	K, г/дм ³	Li	Na	Ca	Mg	K
1:1	7,2	23,6	5,68	1,16	0,52	0	10,6	4,9	2,5	14,8
1:4	7,2	24,6	5,83	1,18	0,53	0	6,8	2,4	0,8	13,1
1:8	7,2	24,6	5,88	1,20	0,55	0	6,8	1,5	0	9,8
1:10	7,2	24,6	6,00	1,20	0,57	0	6,8	0	0	6,6

Как показал обзор литературы, использование таких экстрагентов как трибутилфосфат в метилизобутилкетоне с соэкстрагентом FeCl₃, железосодержащий ТБФ, смесь железосодержащего ТБФ и МИБК целесообразно для извлечения лития из рассолов с высоким соотношением Mg/Li. Соотношение Mg/Li в исследуемых рассолах высокое и в соответствии с результатами анализов составляет порядка 167. В связи с этим были проведены эксперименты с использованием перечисленных экстрагентов.

Экстракция трибутилфосфатом в метилизобутилкетоне с соэкстрагентом FeCl₃. Экстракция лития основана на образовании с трибутилфосфатом хлоридного комплекса железа и извлечении лития в органическую фазу в виде соединения Li[FeCl₄ · 2ТБФ].

Экстракция проводилась смесью ТБФ (100%) и МИБК (100%) при соотношении их объемных частей 2:3 с добавлением 5 см³ FeCl₃ в качестве соэкстрагента. Состав и рН исходного рассола как в предыдущем опыте. Результаты экспериментов представлены в таблице 3.

Как видно из таблицы 3, литий не экстрагировался в органическую фазу в изучаемом диапазоне соотношений О:В. Магний и кальций также практически не переходили в органическую фазу. При этом некоторое извлечение показали натрий и калий – ~7-11 и ~10-15 %, соответственно.

Таблица 3. Извлечение в органическую фазу компонентов природного рассола при экстракции смесью ТБФ и МИБК с соэкстрагентом FeCl₃

О:В	Концентрация в рафинате					Извлечение в экстракт, %				
	Li, мг/дм ³	Na, г/дм ³	Ca, г/дм ³	Mg, г/дм ³	K, г/дм ³	Li	Na	Ca	Mg	K
1:1	7,2	23,6	6,0	1,19	0,52	0	10,6	0	0,8	14,8
1:4	7,2	24,6	6,0	1,20	0,52	0	6,8	0	0	14,8
1:8	7,2	24,6	6,0	1,20	0,53	0	6,8	0	0	13,1
1:10	7,2	24,6	6,0	1,20	0,53	0	6,8	0	0	13,1

Для экстракции лития необходимо, чтобы сначала образовалось экстрагируемое соединение – хлоридный комплекс железа с литием, который на следующем этапе извлекается в органическую фазу.

зу в виде соединения $\text{Li}[\text{FeCl}_4 \cdot 2\text{ТБФ}]$. Возможно, возникают сложности при одновременном протекании двух процессов, что оказывает влияние на результаты экстракции лития. В то же время, извлечение натрия и калия в органическую фазу, по-видимому, может указывать на образование соединений: тетрагалоферратов натрия и калия с трибутилфосфатом. Однако, дальнейшего возможного обмена иона лития из водной фазы на ион натрия или калия, согласно работе [9], результаты экспериментов не показывают.

В связи с этим, в следующих исследованиях предварительно проводилась подготовка экстрагента, содержащего в своем составе экстрагируемое комплексное соединение.

Экстракция железосодержащим трибутилфосфатом. Перед проведением экспериментов предварительно готовился экстрагент: железосодержащий трибутилфосфат, что заключалось в проведении экстракции 100 % ТБФ с раствором, содержащим: 66 г/дм³ Na; 20,7 г/дм³ Feобщ. и 354,68 г/дм³ Cl⁻. В водной фазе присутствовала 1,93 н HCl. Экстракция проводилась при соотношении О:В = 1:2, продолжительности экстракции 40 минут и температуре 30-55°C. Результаты экстракции показаны в таблице 4.

Таблица 4. Экстракция железа трибутилфосфатом

Концентрация в рафинате, г/дм ³			Извлечение в экстракт, %		
Na	Feобщ	Cl ⁻	Na	Feобщ	Cl ⁻
66	0,41	297,93	0	98, 02	16

Железо в процессе экстракции практически полностью переходит в органическую фазу с образованием железосодержащего ТБФ. Концентрация железа в органической фазе составляет 44,3 г/дм³.

Железо, по-видимому, в органической фазе находится в форме $\text{H}[\text{FeCl}_4 \cdot 2\text{ТБФ}]$, которая может образоваться в результате реакции:



При взаимодействии полученного экстрагента с рассолом, литий, предположительно, может экстрагироваться по реакции:



Экстракция подготовленного железосодержащего трибутилфосфата осуществлялась с рассолом следующего состава: Li – 7,2 мг/дм³; Na – 31,2 г/дм³; Cl⁻ – 59,6 г/дм³; Ca – 5,6 г/дм³; Mg – 1,25 г/дм³; K – 0,37 г/дм³. pH рассола = 7. Результаты экспериментов представлены в таблице 5.

Таблица 5. Извлечение в органическую фазу компонентов природного рассола при экстракции железосодержащим трибутилфосфатом

О:В	Концентрация в рафинате					Извлечение в экстракт, %				
	Li, мг/дм ³	Na, г/дм ³	Ca, г/дм ³	Mg, г/дм ³	K, г/дм ³	Li	Na	Ca	Mg	K
1:1	6,6	31,2	5,5	1,25	0,30	8,3	0	2,1	0	18,9
1:4	7,2	31,2	5,6	1,25	0,35	0	0	0	0	5,4
1:8	7,2	31,2	5,6	1,25	0,37	0	0	0	0	0
1:10	7,2	31,2	5,6	1,25	0,37	0	0	0	0	0

Как видно из таблицы 5, литий показал извлечение в органическую фазу только при соотношении О:В 1:1, что составило 8,3 %. Кальций и магний практически не извлекались в органическую фазу. В отличие от предыдущей серии экспериментов, натрий не извлекался в экстракт, что возможно объясняется предварительной подготовкой экстрагента, при котором уже сформировалось комплексное соединение в органической фазе до ее насыщения или отсутствием в рассоле необходимого количества железа для образования комплекса. Также, по-видимому, не происходило обмена иона натрия из водной фазы на ион водорода из состава комплексного соединения в органической фазе. Напротив, калий в некоторой степени переходил в экстракт.

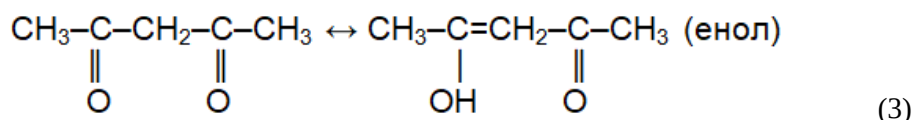
Экстракция смесью железосодержащего трибутилфосфата и метилизобутилкетона. Для проведения экстракции использовался железосодержащий ТБФ, подготовленный аналогично предыдущему пункту в соотношении объемных частей с МИБК (100 %) – 2:3. Экстракция осуществлялась с рассолом следующего состава: Li – 6,63 мг/дм³; Na – 31,2 г/дм³; Cl⁻ – 59,6 г/дм³; Ca – 5,6 г/дм³; Mg – 1,25 г/дм³; K – 0,37 г/дм³. pH рассола = 7. Результаты экспериментов представлены в таблице 6.

Как видно из таблицы 6, литий практически не переходит в экстракт. Добавление в состав экстрагента МИБК привело к некоторому переходу магния в экстракт, извлечение которого понижается от 6,4 до 0 % с изменением соотношения О:В от 1:1 до 1:10. Кальций, магний и натрий (за исключением О:В 1:1) практически не переходят в органическую фазу.

Таблица 6. Извлечение в органическую фазу компонентов природного рассола при экстракции смесью железосодержащего ТБФ и МИБК

О:В	Концентрация в рафинате					Извлечение в экстракт, %				
	Li, мг/дм ³	Na, г/дм ³	Ca, г/дм ³	Mg, г/дм ³	K, г/дм ³	Li	Na	Ca	Mg	K
1:1	6,30	23,2	5,6	1,17	0,35	0,3	25,6	1	6,4	5,4
1:4	6,63	31,2	5,6	1,18	0,37	0	0	0	5,6	0
1:8	6,63	31,2	5,6	1,20	0,37	0	0	0	4,0	0
1:10	6,63	31,2	5,6	1,25	0,37	0	0	0	0	0

На следующем этапе проводилась экстракция лития с использованием хелатообразующих экстрагентов. Обзор литературы показал, что экстракция лития может осуществляться с хорошими показателями смесями β-дикетона и нейтрального фосфорорганического экстрагента. Особенностью β-дикетонных, таких как, например, ацетилацетон (НАА) или теноилтрифторацетон (НТТА) является то, что внутрикомплексное соединение с металлом образует активная – енольная форма, содержащая гидроксильную группу [16]. Для ацетилацетона:



Енольная форма образует с экстрагируемым металлом хелатное соединение. Протон гидроксильной группы замещается катионом экстрагируемого металла с образованием хелатного соединения при участии кислорода кетонной группы. Как видно из таблицы 1, экстрагент LIX-84-1 имеет в своей структуре гидроксильную группу, в которой протон может замещаться ионом лития.

Поэтому, исходя из вышесказанного, следующий эксперимент был проведен с экстрагентом LIX-84-1.

Экстракция LIX-84-1. Данный экстрагент относится к группе кетоксимов 2-Hydroxy-5-nonylacetophenone ketoxime C₁₇H₂₇NO₂. Для проведения экстракции использовался его раствор в керосине с концентрацией 20 объем. %. Экстракция осуществлялась с рассолом следующего состава: Li – 7,23 мг/дм³; Na – 47,8 г/дм³; Cl⁻ – 64,8 г/дм³; Ca – 6 г/дм³; Mg – 1,15 г/дм³; K – 0,4 г/дм³. pH рассола = 7. Результаты экспериментов, представлены в таблице 7.

Таблица 7. Извлечение в органическую фазу компонентов рассола при экстракции 20 об. % раствором LIX-84-1 в керосине

О:В	Концентрация в рафинате					Извлечение в экстракт, %				
	Li, мг/дм ³	Na, г/дм ³	Ca, г/дм ³	Mg, г/дм ³	K, г/дм ³	Li	Na	Ca	Mg	K
1:1	6,48	47,8	5,9	1,13	0,4	10,0	0	1	1,7	0
1:4	6,83	47,8	6	1,13	0,4	5,1	0	0	1,7	0
1:8	6,94	47,8	6	1,14	0,4	3,6	0	0	0,9	0
1:10	7,03	47,8	6	1,15	0,4	2,4	0	0	0	0

Как показывают результаты экспериментов, литий экстрагировался в незначительной степени и с изменением соотношения О:В от 1:1 до 1:10, извлечение понижалось от 10 до 2,4 %. Небольшое извлечение показал магний (~1-2 %). Натрий, калий и кальций практически не переходили в органическую фазу.

Кетоксиды являются производными от кетонов. Из-за пространственных затруднений, создаваемых двумя органическими группами R, кетоны являются менее реакционноспособными, чем альдегиды. Поэтому на следующем этапе в качестве экстрагента использовалась смесь кетоксида и альдоксима.

Экстракция LIX 984N. Экстрагент является смесью альдоксима LIX-860N-1 (5-nonylsalicylaldoxime $C_{16}H_{25}NO_2$) и кетоксида LIX-84-1. Соотношение объемов экстрагентов 1:1.

Для проведения экстракции также использовался его раствор в керосине с концентрацией 20 объем. %. Состав и pH рассола аналогичны предыдущей серии опытов. Результаты опытов представлены в таблице 8.

Таблица 8. Извлечение в органическую фазу компонентов рассола при экстракции 20 об. % раствором LIX 984N в керосине

О:В	Концентрация в рафинате					Извлечение в экстракт, %				
	Li, мг/дм ³	Na, г/дм ³	Ca, г/дм ³	Mg, г/дм ³	K, г/дм ³	Li	Na	Ca	Mg	K
1:1	6,68	40,0	6	1,13	0,4	7,6	16,3	0	1,7	0
1:4	6,88	40,0	6	1,15	0,4	4,8	16,3	0	0	0
1:8	6,92	47,8	6	1,15	0,4	4,3	0	0	0	0
1:10	6,92	47,8	6	1,15	0,4	4,3	0	0	0	0

Как показали результаты экспериментов, использование смеси альдоксима и кетоксида не привело к повышению извлечения лития в экстракт. С увеличением соотношения О:В в пользу водной фазы извлечение лития уменьшалось от 7,6 до 4,3 %. Калий, а также кальций и магний, за исключением первого опыта, практически не переходили в экстракт. Натрий извлекался при соотношениях О:В 1:1 и 1:4, что, возможно, объясняется замещением более доступного протона в молекуле альдоксима (таблица 1) на Na^+ . Извлечение натрия в экстракт могло повлиять на некоторое понижение степени экстракции лития.

Экстракция смесью экстрагентов LIX-84-1 и Суапекс 923. Экстрагент Суапекс 923 представляет собой смесь четырех триалкилфосфиновых оксидов: тригексилфосфиноксида (C_6H_{13})₃PO, триоктилфосфиноксида (C_8H_{17})₃PO, дигексилмонооктилфосфиноксида и диоктилмоногексилфосфиноксида. Как показал литературный обзор [14], данный экстрагент в смеси с другими может являться эффективным при переработке литийсодержащих растворов.

Для экстракции использовалась смесь 0,4 М LIX 84-1 и 0,2 М Суапекс 923 в керосине. Эксперименты проводились при pH рассолов 7 и 11.

а) Экстракция при pH рассола 7. Состав исходного рассола аналогичен предыдущим сериям опытов. Результаты опытов представлены в таблице 9.

Как видно из таблицы 9, извлечение лития в органическую фазу несколько понизилось по сравнению с двумя последними сериями опытов, несмотря на использование смеси двух экстрагентов и с увеличением объема водной фазы уменьшается от 6 до 2,8 %. Однако, использование смеси экстрагентов в некоторой степени благоприятно отразилось на извлечении натрия и калия в органическую фазу, где при соотношениях О:В 1:1 и 1:4 составило ~16 и 5 %, соответственно. Кальций не извлекался в экстракт, магний практически также по большей части остается в водной фазе.

Таблица 9. Извлечение в органическую фазу компонентов рассола с pH=7 при экстракции смесью 0,4 М LIX 84-1 и 0,2 М Суапекс 923 в керосине

О:В	Концентрация в рафинате					Извлечение в экстракт, %				
	Li, мг/дм ³	Na, г/дм ³	Ca, г/дм ³	Mg, г/дм ³	K, г/дм ³	Li	Na	Ca	Mg	K
1:1	6,80	40,0	6,1	1,13	0,38	6,0	16,3	0	1,7	5
1:4	6,89	40,0	6,1	1,15	0,38	4,7	16,3	0	0	5
1:8	6,96	47,8	6,0	1,15	0,40	3,7	0	0	0	0
1:10	7,03	47,8	6,1	1,15	0,40	2,8	0	0	0	0

Как известно [14], при использовании Суапекс 923 в смеси с экстрагентом группы дикетонов pH водной фазы поддерживали ~11. Поэтому были проведены исследования процесса экстракции с этой же смесью экстрагентов при pH = 11.

б) *Экстракция при pH рассола 11.* С целью обеспечения заданного pH, в исходный рассол при нагревании и перемешивании добавляли гидроксид натрия. После перемешивания в течение 2 ч пульпу фильтровали. Полученный рассол имел в составе: Li – 6,94 мг/дм³; Na – 40 г/дм³; Cl⁻ – 55,6 г/дм³; Ca – 1,03 г/дм³; Mg – 0,0004 г/дм³; K – 0,38 г/дм³. Результаты проведенных опытов представлены в таблице 10.

Как показали результаты экспериментов, литий извлекается в экстракт в изучаемом диапазоне соотношения О:В от 8,7 до 17,3 %, где наилучшие показатели соответствуют значениям О:В = 1:1 и 1:4.

Таблица 10. Извлечение в органическую фазу компонентов рассола с pH=11 при экстракции смесью 0,4 М LIX 84-1 и 0,2 М Суапекс 923 в керосине

О:В	Концентрация в рафинате					Извлечение в экстракт, %				
	Li, мг/дм ³	Na, г/дм ³	Ca, г/дм ³	Mg, г/дм ³	K, г/дм ³	Li	Na	Ca	Mg	K
1:1	5,74	40	0,14	0,0003	0,380	17,3	0	86,4	25	0
1:4	5,74	40	0,17	0,0004	0,380	17,3	0	83,5	0	0
1:8	6,29	40	0,48	0,0004	0,380	9,4	0	53,4	0	0
1:10	6,34	40	0,59	0,0004	0,380	8,7	0	42,7	0	0

При pH водной фазы, равной 11, натрий и калий не извлекались в экстракт. Напротив, небольшие количества кальция, присутствовавшие в рассоле, с увеличением соотношения О:В извлекались в пределах от 86,4 до 42,7 %. В некоторой степени экстрагировался магний (до 25 %) при О:В 1:1. Гидроксиды кальция и магния, при высоких значениях pH, находясь в водной фазе на пределе своей растворимости, возможно, присутствуют в растворе в недиссоциированном или частично диссоциированном состоянии, что может снизить степень гидратации, и, как следствие, повысить экстракционную способность. Это, возможно, является причиной повышения извлечения кальция и в небольшой степени магния в экстракт. Гидроксид лития также мало диссоциирует в водном растворе, однако, степень извлечения лития в экстракт невысокая.

Проба осадка, выпавшего в результате корректирования pH рассола, изучена с применением рентгенофазового анализа (рисунок 1).

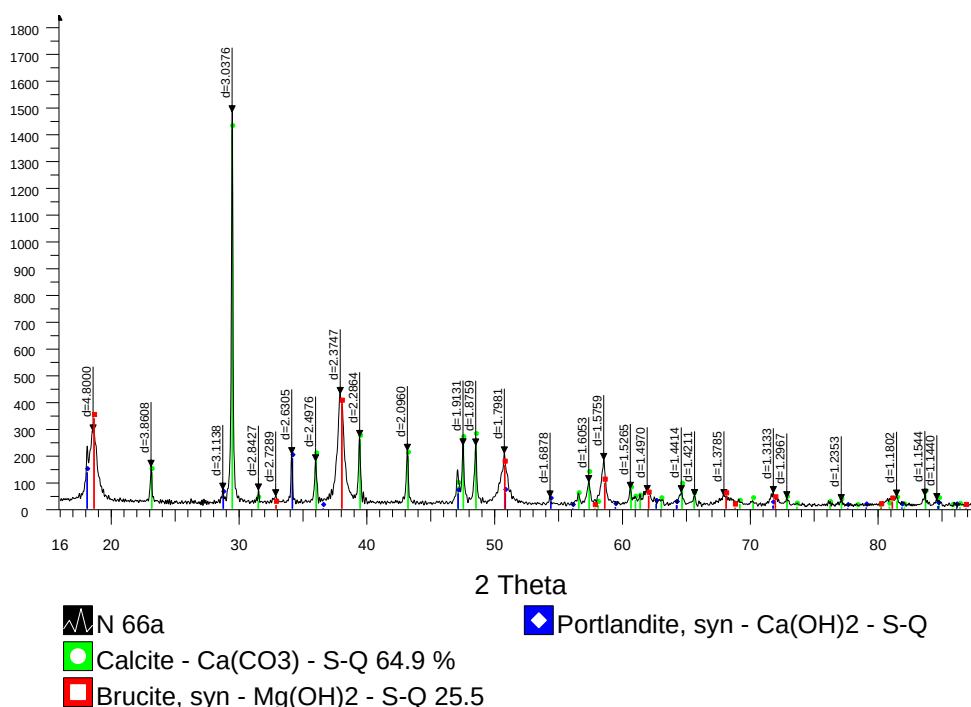


Рис.1. Дифрактограмма осадка, выделенного из рассола

Рентгенофазовый анализ промытого и отфильтрованного осадка, полученного после фильтрации рассола с $\text{pH}=11$, показал, что основными фазами являются кальцит CaCO_3 , брукит $\text{Mg}(\text{OH})_2$ и портландит $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Как видно, основной фазой в осадке являются соединения кальция, большая часть которого выделилась из рассола.

Экстракция смесью экстрагентов LIX 984N и Cyapex 923. Для экстракции использовалась смесь 0,4 М LIX 984N и 0,2 М Cyapex 923 в керосине. pH рассола, аналогично предыдущей серии опытов, предварительно была доведена до значения, равного 11. Экстракция осуществлялась с отфильтрованным от осадка рассолом следующего состава: $\text{Li} - 6,67 \text{ мг/дм}^3$; $\text{Na} - 25,8 \text{ г/дм}^3$; $\text{Cl}^- - 59,82 \text{ г/дм}^3$; $\text{Ca} - 3,76 \text{ г/дм}^3$; $\text{Mg} - 0,02 \text{ г/дм}^3$; $\text{K} - 0,38 \text{ г/дм}^3$. Как показывают результаты исследований (таблица 11), литий мало извлекается в экстракт в изучаемом диапазоне О:В от 0,8 до 5 %.

Кальций переходит в экстракт в небольшом количестве. Натрий, калий и магний не извлекаются в органическую фазу.

Таблица 11. Извлечение в экстракт компонентов рассола с $\text{pH} = 11$ при экстракции смесью 0,4 М LIX 984N и 0,2 М Cyapex 923 в керосине

О:В	Концентрация в рафинате					Извлечение в экстракт, %				
	Li, мг/дм ³	Na, г/дм ³	Ca, г/дм ³	Mg, г/дм ³	K, г/дм ³	Li	Na	Ca	Mg	K
1:1	6,34	25,8	3,42	0,02	0,38	5,0	0	9,0	0	0
1:4	6,60	25,8	3,48	0,02	0,38	1,1	0	7,5	0	0
1:8	6,62	25,8	3,51	0,02	0,38	0,8	0	6,7	0	0
1:10	6,62	25,8	3,60	0,02	0,38	0,8	0	4,3	0	0

Экстракция смесью экстрагентов МИБК с Cyapex 923. Для проведения процесса экстракции использовалась смесь 0,2 М Cyapex 923 и 2М МИБК в керосине. Для экстракции pH рассола доводилась до значения 11. Рассол следующего состава: : $\text{Li} - 6,27 \text{ мг/дм}^3$; $\text{Na} - 40 \text{ г/дм}^3$; $\text{Cl}^- - 59,82 \text{ г/дм}^3$; $\text{Ca} - 1,98 \text{ г/дм}^3$; $\text{Mg} - 0,02 \text{ г/дм}^3$; $\text{K} - 0,38 \text{ г/дм}^3$. Как показывают результаты экспериментов (таблица 12), литий и калий не извлекаются в экстракт.

Напротив, кальций и магний переходят в органическую фазу на ~2-26 и ~13-35 %, соответственно. Натрий извлекается в органическую фазу при соотношениях О:В 1:1 и 1:4 на 17 %.

Таблица 12. Извлечение в экстракт компонентов рассола с $\text{pH} = 11$ при экстракции смесью 0,2 М Cyapex 923 и 2М МИБК в керосине

О:В	Концентрация в рафинате					Извлечение в экстракт, %				
	Li, мг/дм ³	Na, г/дм ³	Ca, г/дм ³	Mg, г/дм ³	K, г/дм ³	Li	Na	Ca	Mg	K
1:1	6,27	33,2	1,46	0,015	0,38	0	17	26,2	34,8	0
1:4	6,27	33,2	1,68	0,02	0,38	0	17	15,2	13,0	0
1:8	6,27	40,0	1,63	0,02	0,38	0	0	17,7	13,0	0
1:10	6,27	40,0	1,94	0,02	0,38	0	0	2,0	13,0	0

Выводы. Таким образом, результаты проведенных исследований с применением экстракционных способов переработки рассола показали, что практически во всех случаях литий незначительно переходит в органическую фазу. Наиболее высокие показатели были получены при использовании смеси LIX 84-1 и Cyapex 923 в керосине при поддержании pH рассола, равного 11, где извлечение лития в экстракт достигло только ~17 %. Несмотря на это, экстракционные способы переработки имеют свои перспективы и для улучшения показателей, возможно, требуют более детального изучения, подбора соответствующих экстрагентов и условий проведения процесса.

Работа выполнена по гранту АР 05132075/ГФ5 Министерства образования и науки Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] A.V. Vertkov, I.E. Lyublinski, M.Y. Zharkov, V.V. Semenov, E.A. Azizov, V.B. Lazarev, S.V. Mirnov. Progress in development and application of lithium based components for Tokamak // Fusion Engineering and Design. – 2014. – Vol. 89 (7-8). – P. 996–1002.
- [2] S. Hammouti, B. Holybee, M. Christenson, M. Szott, K. Kalathiparambil, S. Stemmley, B. Jurczyk, D.N. Ruzic. Wetting of liquid lithium on fusion-relevant materials microtextured by femtosecond laser exposure. // Journal of Nuclear Materials – 2018. – Vol. 508. – P. 237-248.
- [3] D.N. Ruzic, M. Szott, C. Sandoval, M. Christenson, P. Fflis, S. Hammouti, K. Kalathiparambil, I. Shchelianov, D. Andruczyk, R. Stubbers, C. Joel Foster, B. Jurczyk. Flowing liquid lithium plasma-facing components – Physics, technology and system analysis of the LiMIT system. // Nuclear Materials and Energy. 2017. – Vol. 12. – P. 1324-1329.
- [4] Wang J., He X., Paillard E., Laszczynski N., Li J., Passerini S. Lithium- and Manganese-Rich Oxide Cathode Materials for High-Energy Lithium Ion Batteries. // Advanced Energy Materials. – 2016. – Vol. 6 (21). – P. 1600906.
- [5] Saitov A., Bazhin V., Povarov V. On the application of lithium additives in the electrolytic production of primary aluminum. // Russian Metallurgy (Metally). – 2017. – Vol. 12. – P. 1018-1024.
- [6] Wang J., Chen M., Chen H., Luo T., Xu Z. Leaching study of spent Li-ion batteries. Proc. Environ. Sci. // The 7th Int. Conf. waste manage. Technol. – 2012. – Vol. 16. – P. 443–450.
- [7] Gabra G.G. Lithium chloride extraction by n-butanol // Hydrometallurgy. – 1978. – Vol. 3. – P. 23–33.
- [8] Патент РФ 2091306. МПК C01D15/04 B01D11/04. Способ извлечения лития из растворов хлорида магния / Самойлов Ю.М., Исупов В.П.; заявитель и патентообладатель: Институт химии твердого тела и переработки минерального сырья СО РАН; заявл. 31.05.93; опублик. 27.09.1997.
- [9] Jianfeng Song et al. Recovery of lithium from salt lake brine of high Mg/Li ratio using Na[FeCl₄*2TBP] as extractant: Thermodynamics, kinetics and processes // Hydrometallurgy. – 2017. – Vol. 173. – P. 63-70.
- [10] Wei Xiang, Shengke Liang et al. Lithium recovery from salt lake brine by counter-current extraction using tributyl phosphate/FeCl₃ in methyl isobutyl ketone // Hydrometallurgy. – 2017. – Vol. 171. – P. 27-32.
- [11] Healy T.V. Synergism in the solvent extraction of alkali metal ions by thenoyltri-fluoroacetone // Journal of Inorganic Chemistry. – 1968. – Vol. 30. – P. 1025-1036.
- [12] Seely F.G., Baldwin W.H. Extraction of lithium from neutral salt solutions with fluorinated β -diketones // Journal of Inorganic and Nuclear Chemistry. – 1976. – Vol. 38(5). – P. 1049-1052.
- [13] Ishimori K., Imura H., Ohashi K. Effect of 1,10-phenanthroline on the extraction and separation of lithium (I), sodium (I) and potassium (I) with thenoyltri-fluoroacetone // Analytica Chimica Acta. – 2002. – Vol. 454 (2). – P. 241-247.
- [14] Pranolo Y., Zhu Z., Cheng C.Y. Separation of lithium from sodium in chloride solutions using SSX systems with LIX 54 and Cyanex 923 // Hydrometallurgy. – 2015. – Vol. 154. – P. 33–39.
- [15] Licheng Zhang, Lijuan Li, Dong Shi, Xiaowu Peng, Fugen Song, Feng Nie, Wensheng Hana. Recovery of lithium from alkaline brine by solvent extraction with β -diketone // Hydrometallurgy. – 2018. – Vol. 175. – P. 35–42.
- [16] Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов: Учеб. пособие для вузов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2003. – 464 с.

Каршигина З.Б., Әбішева З.С., Бочевская Е.Г., Кан С.М., Бейсенбиева Ұ.Ж.

Қазақстан табиғи тұзды ерітінділерден литийді алудың экстракциялық әдістерін сынақтан өткізуі

Түйіндемесі. Мақалада Қазақстандағы табиғи тұзды шикізаттарды қайта өңдеу бойынша литийді алу және шоғырландыру мақсатпен зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Бағалы металды бөліп алу үшін сұйықтық экстракция әдісі қолданылған. Экстракция мынадай экстрагенттер арқылы жүзеге асырылды: бутанол 1, үшбутил-фосфат (ҰБТ) метилизобутилкетонінде МИБК бірлескен экстрагент бірге FeCl₃, құрамында темір бар ҰБТ, құрамында темір бар ҰБТтың және МИБКның қоспасы, LIX-84-1, LIX 984N, LIX-84-1 мен Суанех 923 қоспалары, LIX-984N мен Суанех 923 және МИБК Суанех 923 бірге. Сұйық экстракция әдісін қолданғанда, литий аз мөлшерде органикалық фазаға шығарылған. Керосинде LIX 84-1 мен Суанех 923 қоспаны пайдаланған кезде 11ге тең рН тұздықтың қолдау кезінде, органикалық фазаға литийді алу ~ 17 % құрады.

Түйін сөздер: литий, тұзды ерітінді, экстракция, органикалық экстрагент, рафинат, бөліп алу.

Karshigina Z., Abisheva Z., Bochevskaya Ye., Kan S., Beysenbiyeva U.

Approbation of solvent extraction methods for lithium recovery from natural brines of Kazakhstan

Summary. The article presents the results of research on processing of natural brines in Kazakhstan with the purpose of recovery and concentrating lithium. A method of solvent extraction was used to extract the valuable metal. Extraction was carried out using the following extractants: butanol 1, tributyl phosphate (TBP) in methylisobutyl ketone (MIBK) with co-extractant FeCl₃, iron-containing TBP, a mixture of iron-containing TBP and MIBK, LIX-84-1, LIX 984N, mixtures of LIX-84-1 and Cyanex 923, LIX-984N and Cyanex 923 and MIBK with Cyanex 923. When using the solvent extraction method, lithium was extracted in small amounts into the organic phase. When using a mixture of LIX 84-1 and Cyanex 923 in kerosene, while maintaining pH of brine equal to 11, lithium recovery to the organic phase was ~ 17 %.

Keywords: lithium, brine, solvent extraction, organic extractant, raffinate, recovery.

УДК 631.2

Zh. Kaldybekova, K. Syrmanova, Sh.B. Baijanova, B.M. Hamitova, S.A. Musayeva, A.R. Taspoltayeva
(M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan)

ADSORPTION VEGETATION OF VEGETABLE OIL

Abstract. The article presents the results of studies of adsorption purification of vegetable oil with expanded vermiculite instead of costly bleaching clays. It is established that vermiculite refers to microporous sorbents with varying pore sizes during adsorption. Increasing the adsorption capacity of vermiculite by acid activation leads to a sharp increase in their specific surface area and the volume of transitional pores

Ж.Б. Калдыбекова, К.К. Сырманова, Б.М. Хамитова, С.А. Мусаева, А.Р. Тасполтаева
(Южно-Казахстанский государственный университет имени М.Ауэзова. Шымкент,
Республика Казахстан z.kaldybekova@mail.ru)

АДСОРБЦИОННАЯ РАФИНАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА

Аннотация. В статье представлены результаты исследований адсорбционной очистки растительного масла вспученным вермикулитом взамен дорогостоящих отбеливающих глин. Установлено, что вермикулит относится к микропористым сорбентам с изменяющимися в процессе адсорбции размерами пор. Повышение адсорбционной способности вермикулита методом кислотной активации приводит к резкому увеличению их удельной поверхности и объема переходных пор.

Ключевые слова: растительное масло, дезодорация, адсорбционная очистка вермикулит, кислотная активация, сорбент, структура

В настоящее время при производстве растительных масел и жиров предъявляются повышенные требования к качеству готовой продукции, что обеспечивается только высокоэффективным проведение технологического процесса очистки.

Технологическая стадия адсорбционной очистки масел, рассматриваемая как этап цикла рафинации перед окончательной стадией переработки - дезодорацией или дистилляцией, имеет высокий потенциал влияния на технологичность последующей переработки и качество конечной продукции. Адсорбционная очистка позволяет снизить содержание красящих веществ, фосфолипидов, мыл, продуктов первичного и вторичного окисления, металлов переменной валентности и как следствие повысить окислительную стабильность масла.

Ключевой фактор эффективной адсорбционной очистки - это применяемый адсорбент, его активность и дозировка.

Обработка высокодисперсными адсорбентами является необходимой стадией очистки растительных масел, природных и гидрогенизированных жиров, а также жирных кислот от красящих веществ, следовых количеств фосфолипидов, соединений серы, солей жирных кислот со щелочными и другими металлами, некоторых продуктов окисления и пр.

В качестве адсорбентов применяют природные не активированные глины, синтетические силикаты и алюмосиликаты, активированные угли. Однако наиболее широкое и разностороннее применение нашли бентонитовые глины, активированные обработкой минеральными кислотами (серная, соляная).

Расширение областей применения адсорбционных процессов привело к совершенствованию свойств старых типов адсорбентов (активных углей, силикагелей, алюмогелей, алюмосиликагелей) и к созданию новых материалов, обладающих молекулярно-ситовыми и другими специфическими свойствами (цеолиты, пористые стекла, полимеры). Довольно высокие адсорбционные, каталитические и ионообменные свойства минералов, появление эффективных методов регулирования их геометрической структуры и химической природы поверхности, наличие крупных промышленных месторождений делают экономически целесообразным использование в качестве адсорбентов вермикулита.

Вопросы улучшения структурно-сорбционных и прочностных характеристик, повышения избирательности к тем или иным веществам, расширения ассортимента, упрощения технологии изготовления и удешевления производства промышленных адсорбентов являются насущными.

Однако в настоящее время вопросы практического применения казахстанских вермикулитов недостаточно изучены. Поэтому, исследование адсорбционных свойств вермикулитов месторождений Южно-Казахстанской области с целью определения эффективных областей применения и создание на этой основе адсорберов для улавливания вредных примесей и является актуальной задачей.

Адсорбционная очистка основана на свойстве адсорбентов поглощать своей поверхностью нежелательные примеси, присутствующие в маслах.

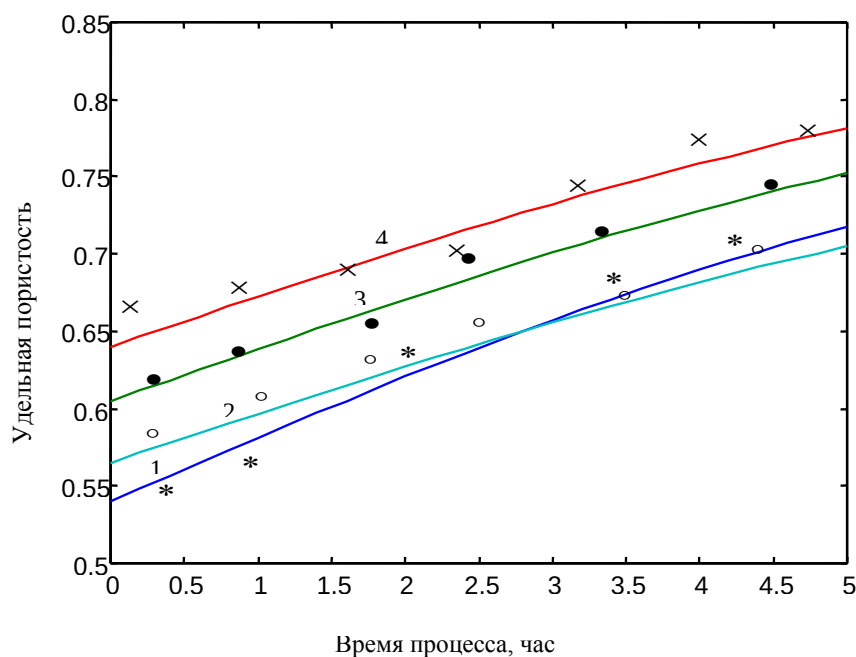
Для исследования адсорбционных характеристик вермикулита использовали растительное масло.

На рисунках 1, 2 приведены результаты сопоставления расчетных значений удельной пористости вспученного вермикулита и степени улавливания различных веществ и соответствующих величин, полученных в ходе экспериментальных исследований, а также экспериментально определенные ресурсы вспучивания.

Из графиков видно, что при правильно выбранном ресурсе пористости кислотная обработка приводит к резкому увеличению их удельной поверхности и объема переходных пор. Ошибка не превышает 5%.

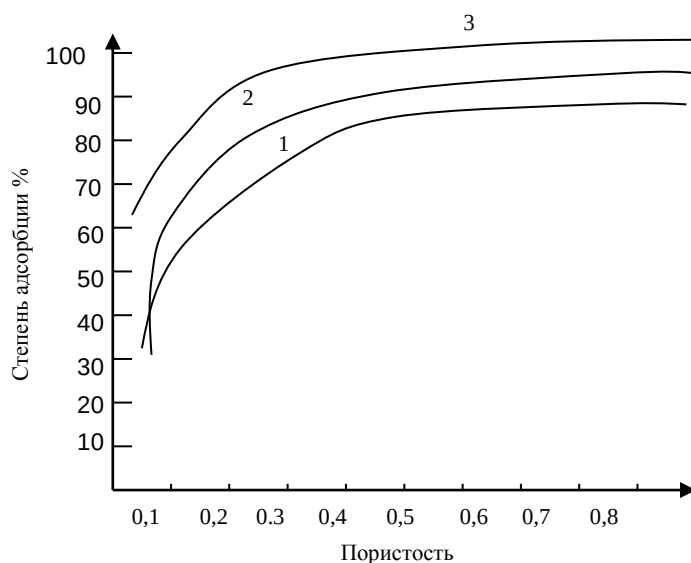
Сначала адсорбент контактирует с поступающим концентрированным раствором. В результате фильтрации через слой адсорбента почти все растворенное вещество удаляется из раствора. Самая верхняя часть слоя насыщается, и основная адсорбция происходит в сравнительно узкой части слоя сорбента, где концентрация быстро изменяется. Когда эта область достигает заранее заданного предельного значения, считают, что произошел проскок.

На рисунках 3 и 4 показаны результаты обработки полученных данных по проскоку загрязнителей через слой вспученного вермикулита.

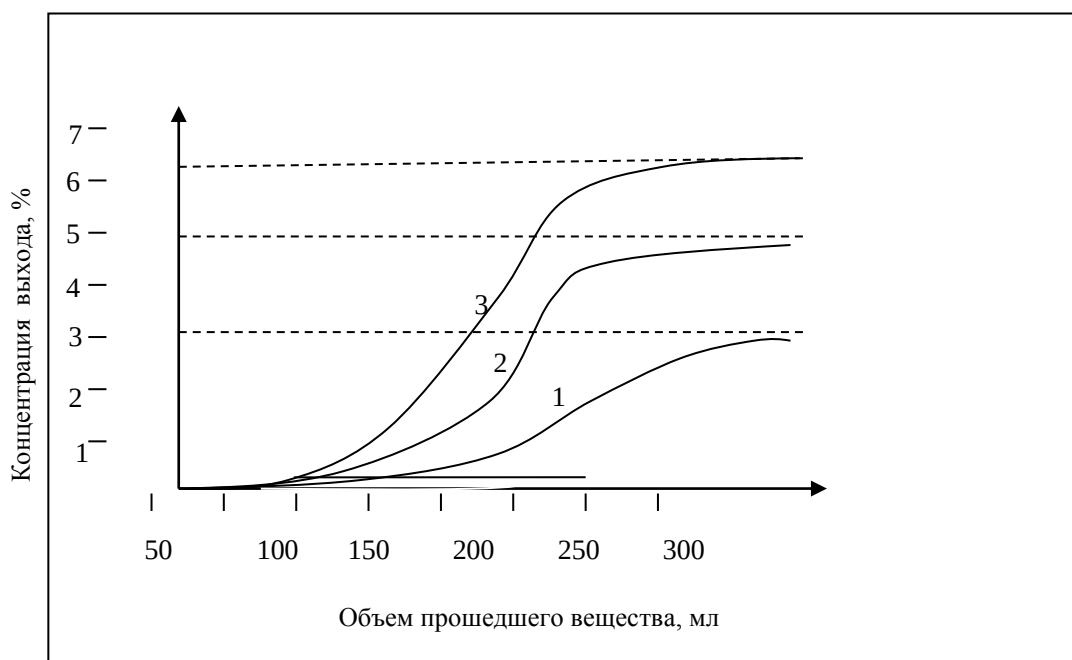


Начальная пористость: 1 – 0,25; 2 – 0,32; 3 – 0,38; 4 – 0,42. точками показаны экспериментальные данные.

Рис. 1. Зависимость удельной пористости от времени процесса



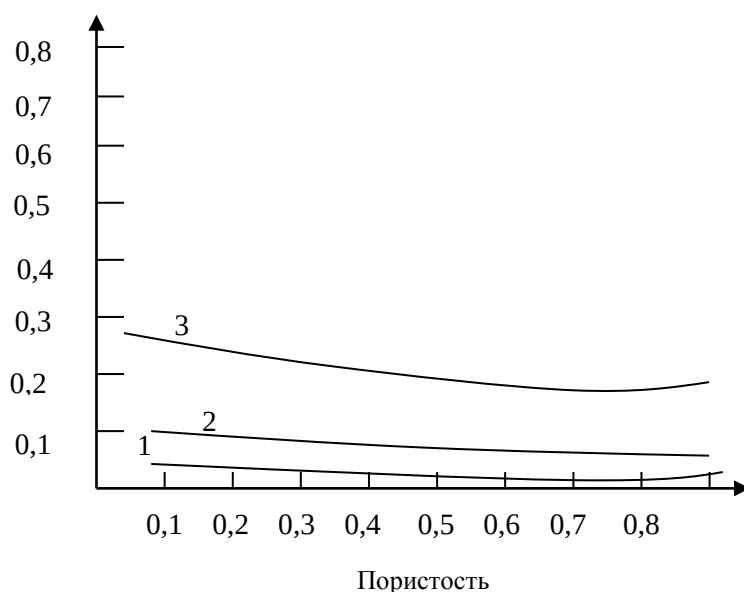
1 – хлопковое масло; 2 – подсолнечное масло; 3 – сафлоровое масло
Рис. 2. Степень улавливания веществ в зависимости от пористости сорбента



1 – хлопковое масло; 2 – подсолнечное масло; 3 – сафлоровое масло
Рис. 3. Проскок загрязнителей через слой вспученного вермикулита

В процессе адсорбционной очистки растительных масел удаляется значительное количество перекисных соединений, красящих веществ, а также часть остающихся в жире после гидратации и щелочной рафинации фосфолипидов, натриевых мыл жирных кислот.

Процесс включает смешение масла с адсорбентом, выдержку в течение определенного времени при определенной температуре под вакуумом при перемешивании для обеспечения процесса адсорбции и отделение адсорбента с нежелательными компонентами от масла путем фильтрации. Применение фильтра марки ВНП позволяет значительно увеличить скорость фильтрации, улучшает удобство обслуживания и уменьшает потери масла в отработанном адсорбенте.



1 – хлопковое масло; 2 – подсолнечное ; 3 – сафлоровое

Рис. 4. Зависимость относительной скорости волны проскока от пористости слоя.

Перерабатываемое сырье подается в вакуум-отбельный аппарат E1(рис.5). Сюда же подается адсорбент. В вакуум-отбельном аппарате E1 производится интенсивное смешивание масла с адсорбентом. Из вакуум-отбельного аппарата E1 суспензия насосом H2 прокачивается через вертикальный фильтр Ф4, на сетки которого предварительно намыт фильтрующий слой. Фильтрованное масло попадает через полицейские фильтры Ф7 и Ф8 подается на дальнейшую переработку.

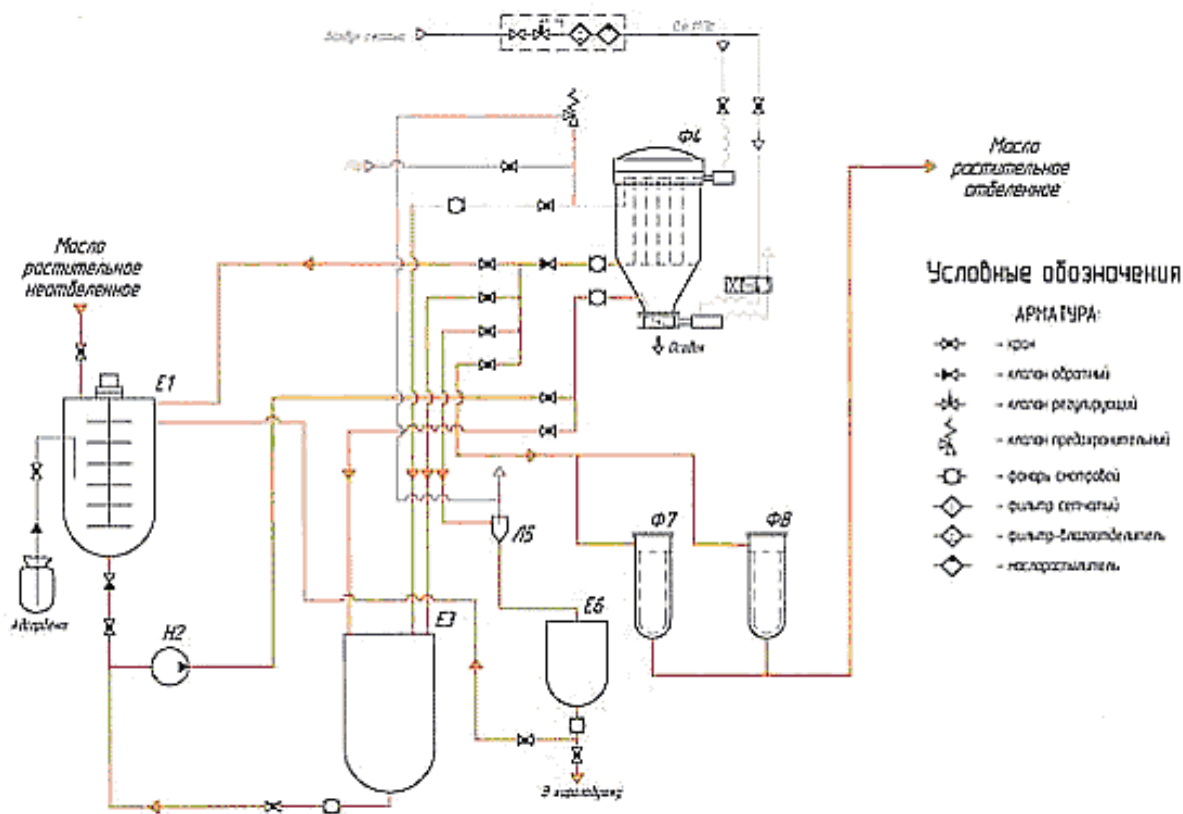


Рис. 5. Линия адсорбционной обработки (отбели) растительных масел.

При повышении перепада давления на работающем фильтре Ф4 подача масла на него прекращается. Остаточный объем масла сливается в емкость Е3. Фильтровальный осадок сушится паром, при этом масло из осадка выдавливается в емкость Е6, оснащенную ловушкой Л5. В емкости Е6 происходит отделение масла от сконденсировавшегося пара. Масло из емкости Е6 периодически удаляется в вакуум-отбельный аппарат Е5, а вода - в жироловушку. После сушки происходит выброс осадка из корпуса фильтра Ф4. Заполнение фильтра Ф4 и намыв фильтровального слоя на сетки производится из вакуум-отбельного аппарата Е1.

В результате экспериментальных исследований установлено, что вермикулит относится к микропористым сорбентам с изменяющимися в процессе адсорбции размерами пор. Определен оптимальный режим для вспучивания Кулантауского вермикулита, который составляет по времени 2-4 сек, при температуре 800-850 °С.

Установлено, что повышение адсорбционной способности вермикулита методом кислотной активации приводит к резкому увеличению их удельной поверхности и объема переходных пор. При этом наблюдается факт преимущественного растворения оксидов магния и железа.

Промышленные испытания вспученного Кулантауского вермикулита в цехе рафинации ТОО «Кайнар-май» показали возможность эффективного использования его для адсорбционной очистки растительного масла взамен дорогостоящих импортных отбеливающих глин.

В результате комплекса проведенных теоретических и экспериментальных исследований получены результаты, которые можно использовать в качестве научно обоснованных методов расчета и проектирования адсорберов с адсорбентом на основе слоев вспученного вермикулита.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Щербаков В.Г. Технология получения растительных масел // В.Г. Щербаков. - М.: Колос, 2002. - 207 с.
- [2] Qashau M.S. Thermal Conductivity of Foods / M.S. Qashau, -R.I. Vachon Y.S. Tonloulkian // Research Report №2224. RP 62. - Kanada, 2011. -P. 165-183..
- [3] 3.Экспериментальные методы в адсорбции и молекулярной хроматографии. - 2.изд, перераб.и доп. - М.: МГУ, 2013. - 318 с.
- [4] 4.Сырманова К.К., Калдыбекова Ж.Б. Полифункциональные сорбенты Монография, Шымкент, ЮКГУ, 2012,-168с.
- [5] 5.Сырманова К.К. Вермикулитсодержащиеадсорбенты / Сырманова К.К., Калдыбекова Ж.Б. Ботабаев Н.Е.// «Вопросысовременнойнауки»: коллект. Науч. монография; [под ред. Н.Р.Красовской]. – М.: Изд. Интернаука, 2016. Т. 14.
- [6] 6.K.Syrmanova, N.Botabaev, J.Kaldybekova, Sh.Baizhanova, A.Tuleuov. The study of adsorptive capacity of Kulantay vermiculite. Research Journal of Pharmaceutical Biological and Chemical Sciences. 2016, 7(1), p.1282-1293.

Калдыбекова Ж.Б., Сырманова К.К., Хамитова Б.М., Мусаева С.А., Тасполтаева А.Р.

Өсімдік майларының адсорбциялық рафинациясы

Түйіндемесі. Мақалада құнды ағартқыш саздың орнына кеңейтілген вермикулитпен өсімдік майының адсорбциялық тазартылуын зерттеу нәтижелері келтірілген. Вермикулит адсорбция кезінде әртүрлі тесік мөлшерімен микропоресцентті сорбенттерге жатады. Вермикулиттың қышқылды активациялау арқылы адсорбциялық қабілетін жоғарылату олардың нақты бетінің ауданын және өтпелі тері тесіктерінің көлемін күрт арттыруға алып келеді.

Kaldybekova Zh., Syrmanova K., Baijanova Sh.B., Hamitova B.M., Musayeva S.A., Taspoltayeva A.R.

Adsorption vegetation of vegetable oil

Summary. The article presents the results of studies of adsorption purification of vegetable oil with expanded vermiculite instead of costly bleaching clays. It is established that vermiculite refers to microporous sorbents with varying pore sizes during adsorption. Increasing the adsorption capacity of vermiculite by acid activation leads to a sharp increase in their specific surface area and the volume of transitional pores.

ДК 539.23:621.793

¹R.E. Ualikhanov, ^{1,2}L.V. Gritsenko, ²Kh.A. Abdullin

(¹Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpaev, Almaty, Kazakhstan

²al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan E-mail: rusya_96_08@mail.ru)

LOW-COST SYNTHESIS OF THIN ZINC OXIDE FILMS ALLOYED WITH ALUMINUM

Abstract. Aluminum doped zinc oxide thin films were obtained by low-cost sol-gel method. The effect of sol concentration as well as the temperature of heat treatment in vacuum on the morphology and optical properties of the synthesized samples was studied.

Key words: zinc oxide, sol-gel method, thermal treatment, optical properties.

¹Р.Е. Уалиханов, ^{1,2}Л.В. Гриценко, ²Х.А. Абдуллин

(¹Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан.

²КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан, E-mail: rusya_96_08@mail.ru)

НИЗКОЗАТРАТНЫЙ СИНТЕЗ ТОНКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИНКА, ЛЕГИРОВАННОГО АЛЮМИНИЕМ

Аннотация. Тонкие пленки оксида цинка, легированные алюминием, получены низкозатратным золь-гель методом. Изучено влияние концентрации раствора золя, а также температуры термической обработки в вакууме на морфологию и оптические свойства синтезированных образцов.

Ключевые слова: оксид цинка, золь-гель метод, термическая обработка, оптические свойства.

Введение

Оксид цинка (ZnO) является полупроводниковым материалом группы АІІВVI с гексагональной кристаллической структурой вюрцита [1, 2], широкой и прямой шириной запрещённой зоны 3,37 эВ (при 300 К), большой энергией связи экситона (60 мэВ) [3], с большой энергией когезии 1,89 эВ [4], высокой механической и термической стабильностью [6]. ZnO обладает структурой вюрцита подобно GaN [10, 11], который широко используется в высокопроизводительных оптоэлектронных устройствах. Оксид цинка является перспективным кандидатом для применения в современных оптоэлектронных устройствах ввиду вышеупомянутых характеристик и уникального сочетания его физических свойств – оптических, электрических, магнитных, пьезоэлектрических и сегнетоэлектрических. Благодаря этим уникальным характеристикам ZnO перспективен для использования в различных коммерческих приложениях, таких как интегрированная оптика, антиотражающие покрытия, жидкокристаллические дисплеи [10], светоизлучающие диоды [12, 13], лазерные диоды [13], детекторы в УФ-диапазоне [14, 15], химические датчики [16, 17], солнечные элементы [18, 19], газовые сенсоры, фотодеградация и фотокатализ [20], супергидрофобные и самоочищающиеся поверхности [21] и др.

Экспериментальные результаты и обсуждение

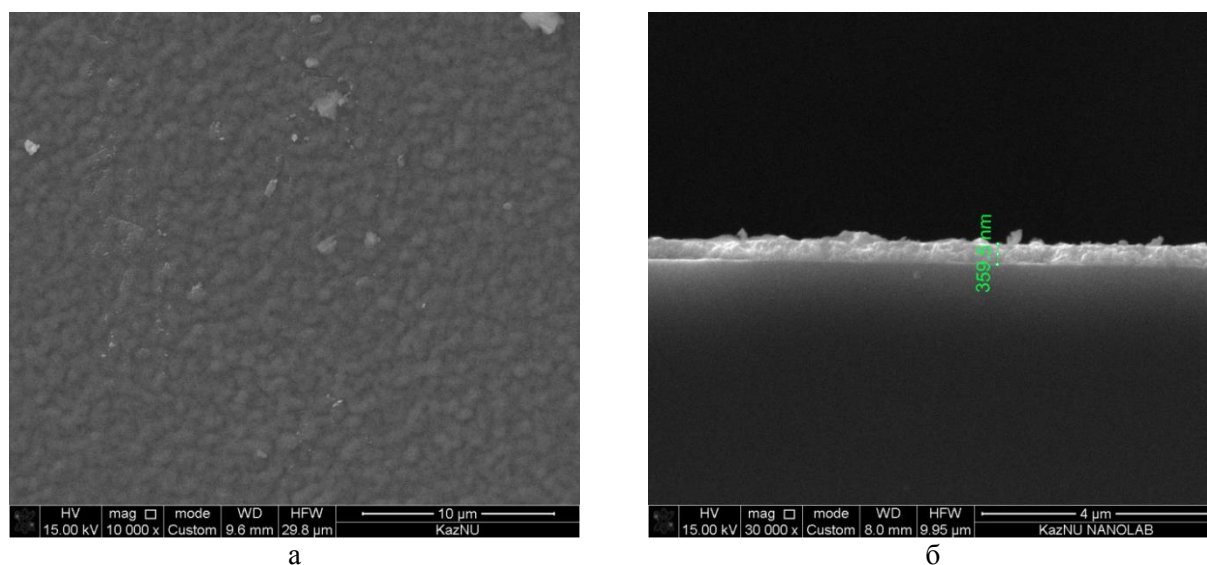
Осаждение плёнок оксида цинка, легированного алюминием (AZO), низкозатратным золь-гель методом осуществлялось на подложки монокристаллического кремния или стеклянные слайды. Все используемые подложки предварительно были тщательно очищены в этаноле, ацетоне и обезжирены при кипячении в моющем растворе, содержащем дистиллированную воду, пероксид водорода (H₂O₂, 35 %) и аммония NH₄OH (25%) в соотношении 4:1:1 в течение 20 минут для создания гидрофильной поверхности.

Раствор золя был получен путём растворения ацетата цинка Zn(CH₃COO)₂ в этаноле (C₂H₅OH) при комнатной температуре при интенсивном перемешивании на магнитной мешалке в течение 4-5 часов с последующим добавлением 1 ат.%. хлорида алюминия AlCl₃·6H₂O. Массовая доля ацетата цинка варьировалась в пределах 0.4-2.62 мМ.

Раствор золя капельно наносился на поверхность подложек, прикреплённых к горизонтальному столику. Последующее вращение столика с частотой ~2000 об/мин в течение 5 мин обеспечило равномерное распределение золя на поверхности подложек. Затем подложки помещались в сушильный шкаф и выдерживались при температуре 120°C в течение 20 мин. Последующий отжиг при

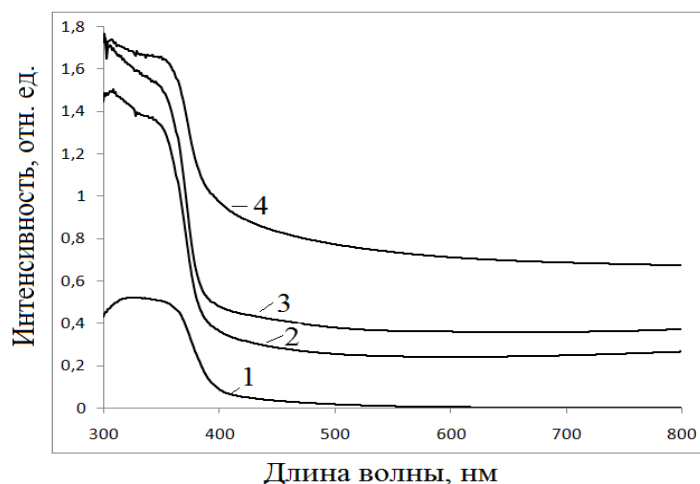
температуре 450°C в течение 60 мин в муфельной печи приводил к формированию равномерных плёнок AZO на поверхности подложек.

Для полученных образцов были изучены морфология и оптические свойства. Морфология была исследована на многофункциональном электронном растровом микроскопе Quanta 200i 3D (FEI Company) с интегрированными системами фокусированного ионного пучка, энерго-дисперсионного спектрометра и кристаллографического анализа для диагностики и исследований различных материалов. Результаты исследования электронной микроскопии (рисунок 1) показали, что полученные плёнки являются сплошными, однородными по всей поверхности. При изменении концентрации ацетата цинка от 0.40 до 2.62 мМ толщина плёнки увеличивается от 60 до ~ 359 нм.



а – вид сверху, б – сбоку
Рис. 1. Морфология плёнки AZO, 2.62 мМ, 1 слой

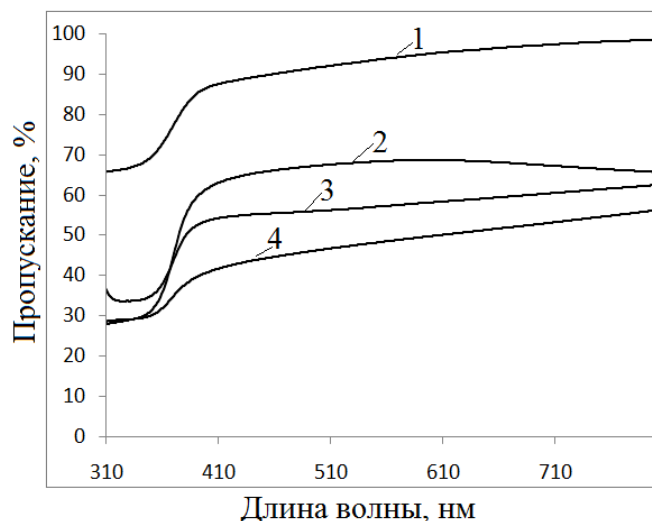
На рисунке 2 представлены спектры оптической плотности тонких плёнок AZO, полученных золь-гель методом с различной концентрацией ацетата цинка в растворе золя.



1 – 0.40 мМ, 2 – 1.74 мМ, 3 – 2.18 мМ, 4 – 2.62 мМ
Рис. 2. Спектры оптической плотности образцов AZO, полученных золь-гель методом

Исследование оптических свойств полученных образцов AZO на двухлучевом UV/Vis спектрофотометре Lambda 35 (PerkinElmer) показало, что при длинах волн менее 380 нм возникает рост оптической плотности, связанный с межзонным поглощением света при возбуждении электронов из валентной зоны в зону проводимости оксида цинка. Отмечено, что увеличение концентрации раство-

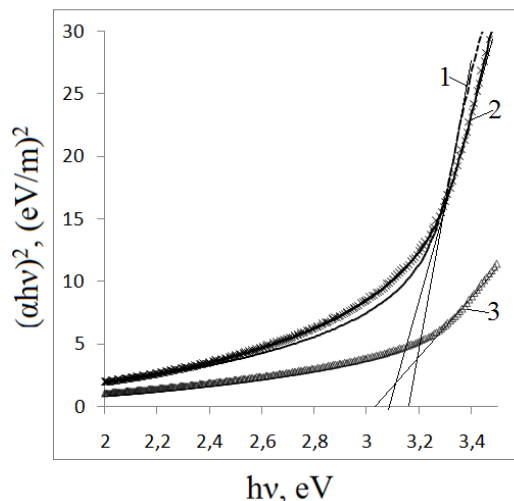
ра золя влечёт увеличение коэффициента поглощения, что коррелирует со спектрами пропускания (рисунок 3) и результатами исследования электронной микроскопии.



1 – 0.40 мМ, 2 – 1.74 мМ, 3 – 2.18 мМ, 4 – 2.62мМ

Рис. 3. Спектры пропускания образцов AZO, полученных золь-гель методом

Полученные образцы были подвергнуты термической обработке в вакууме при температурах 450 и 550°C в течение 30 мин. Изучение значений оптической ширины запрещённой зоны (E_g) (рисунок 4, где α является коэффициентом поглощения, $h\nu$ - энергия фотона) на основании спектров оптической плотности показало, что термическая обработка в вакууме в течение 30 мин при температурах отжига 450 и 550°C способствует уменьшению E_g всех полученных образцов.



1 – исходный образец, 2 – после отжига в вакууме при 450°C, 3 – после отжига в вакууме при 550°C

Рис. 4. Соотношение между $(\alpha h\nu)^2$ и $(h\nu)$ для плёнки AZO, полученной золь-гель методом с концентрацией золя 2.62мМ

Ширина запрещённой зоны исходных образцов составляла ~3.18эВ, образцов, отожжённых в вакууме при температуре 450°C, - 3.1эВ образцов, отожжённых в вакууме при температуре 550°C - 3.02эВ.

Выводы:

Методами оптической и электронной микроскопии изучены морфология и оптические свойства тонких плёнок оксида цинка, легированного алюминием. Отмечено, что после термической обработ-

ки в вакууме коэффициент пропускания в видимой области спектра незначительно уменьшается. Ширина запрещённой зоны синтезированных образцов, перспективных для использования в качестве низкоомных проводящих электродов, при увеличении температуры отжига уменьшается с ~3.18 эВ (у исходных плёнок) до ~3.02 эВ (при обработке в вакууме при 550°C).

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан, №AP05130100 «Разработка технологий получения наноструктурированных оксидных полупроводников для широкого спектра применения».

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Exarhos, G.J. Discovery-based design of transparent conducting oxide films / G.J. Exarhos, X.D. Zhou // *Thin Solid Films*. – 2007. – Т. 515, № 18. – С. 7025-7052.
- [2] Lu, J.G. Quasi-one-dimensional metal oxide materials - Synthesis, properties and applications / J.G. Lu, P.C. Chang, Z.Y. Fan // *Materials Science & Engineering R-Reports*. – 2006. – Т. 52, № 1-3. – С. 49-91.
- [3] King, P.D.C. Conductivity in transparent oxide semiconductors / P.D.C. King, T.D. Veal *Journal of Physics-Condensed Matter*. – 2011. – Т. 23, № 33.
- [4] Pasquarelli, R.M. Solution processing of transparent conductors: from flask to film / R.M. Pasquarelli, D.S. Ginley, R. O'Hayre // *Chemical Society Reviews*. – 2011. – Т. 40, № 11. – С. 5406-5441.
- [5] Granqvist, C.G. Transparent conductors as solar energy materials: A panoramic review / C.G. Granqvist // *Solar Energy Materials and Solar Cells*. – 2007. – Т. 91, № 17. – С. 1529-1598.
- [6] Kim, M.G. Low-temperature fabrication of high-performance metal oxide thin-film electronics via combustion processing / M.G. Kim, M.G. Kanatzidis, A. Facchetti, T.J. Marks // *Nature Materials*. – 2011. – Т. 10, № 5. – С. 382-388.
- [7] Wagner, T. Photoreduction of Mesoporous In₂O₃: Mechanistic Model and Utility in Gas Sensing / T. Wagner, C.D. Kohl, S. Morandi, C. Malagu, N. Donato, M. Latino, G. Neri, M. Tiemann // *Chemistry-a European Journal*. – 2012. – Т. 18, № 26. – С. 8216-8223.
- [8] Bonanni, A. A story of high-temperature ferromagnetism in semiconductors / A. Bonanni, T. Dietl // *Chemical Society Reviews*. – 2010. – Т. 39, № 2. – С. 528-539.
- [9] Dietl, T. A ten-year perspective on dilute magnetic semiconductors and oxides / T. Dietl // *Nature Materials*. – 2010. – Т. 9, № 12. – С. 965-974.
- [10] Li, Q. Room temperature ferromagnetism in epitaxial In₂O₃ films with embedded nano-sized Fe₃O₄ columns / Q. Li, L. Wei, Y. Xie, T. Zhou, G. Hu, S. Yan, J. Jiao, Y. Chen, G. Liu, L. Mei // *Nanoscale*. – 2013. – Т. 5, № 7. – С. 2713-2717.
- [11] Tsutomu Shinagawa, Kosuke Shibata, Osamu Shimomura, Masaya Chigane, Ryoki Nomura, Masanobu Izaki. Solution-processed high-haze ZnO pyramidal textures directly grown on a TCO substrate and the light-trapping effect in Cu₂O solar cells // *J. Mater. Chem. C*. – 2014. – № 2. – P. 2908–2917.
- [12] Harald Hagendorfer, Karla Lienau, Shiro Nishiwaki, Carolin M. Fella, Lukas Kranz, Alexander R. Uhl, Dominik Jaeger, Li Luo, Christina Gretener, Stephan Buecheler, Yaroslav E. Romanyuk, Ayodhya N. Tiwari. Highly Transparent and Conductive ZnO: Al Thin Films from a Low Temperature Aqueous Solution Approach // *Advanced Materials*. – 2014. – Vol. 26, Issue 4. – P. 632–636.
- [13] K.Y. Cheong, N. Muti, S. R. Ramanan. Electrical and Optical Studies of ZnO:Ga Thin Films Fabricated via the Sol–Gel Technique // *Thin Solid Films*. – 2002. – № 410. – P. 142.
- [14] Soaram Kim a, Hyunsik Yoon a, Do Yeob Kim b, Sung– O Kim b, Jae– Young Leem. Optical properties and electrical resistivity of boron– doped ZnO thin films grown by sol–gel dip– coating method // *Optical Materials*. – 2013. – № 35. – P. 2418 – 2424.
- [15] Min– Chul Jun and Jung– Hyuk Koh. Effects of Annealing Temperature on Properties of Al– Doped ZnO Thin Films prepared by Sol– Gel Dip– Coating // *J. Electr. Eng. Technol.* – 2013. – Vol. 8, № 1. – P. 163–167.
- [16] M. Ohyama, H. Kozuka, T. Yoko. Sol– Gel Preparation of Transparent and Conductive Aluminum– Doped Zinc Oxide Films with Highly Preferential Crystal Orientation // *J. Am. Ceram. Soc.* – 1998. – № 81. – P. 1622.
- [17] H. Kim, C.M. Gilmore, A. Pique, J.S. Horwitz, H. Mattoussi, H. Murata, Z.H. Kafafi, D.B. Chrisey. Electrical, Optical, and Structural Properties of Indium– Tin– Oxide Thin Films for Organic Light– Emitting Devices // *J. Appl. Phys.* – 1999. – № 86. – P. 6451.
- [18] Min– Chul Jun and Jung– Hyuk Koh. Effects of Annealing Temperature on Properties of Al– Doped ZnO Thin Films prepared by Sol– Gel Dip– Coating // *J. Electr. Eng. Technol.* – 2013. – Vol. 8, № 1. – P. 163–167.
- [19] B. N. Pawar, S. R. Jadkar, M. G. Takwale. Deposition and characterization of transparent and conductive sprayed ZnO:B thin films // *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. – 2005. – № 66. – P. 1779–178.
- [20] Prabhakar Rai, Yeon–Tae Yu. Synthesis of floral assembly with single crystalline ZnO nanorods and its CO sensing property // *Sensors and Actuators B*. – 2012. – Vol. 161. – P. 748–754.
- [21] Lupan O., Ursaki V.V., Chai G., Chow L., Emelchenko G.A., Tiginyanu I.M., Gruzintsev A.N., Redkin A.N.. Selective hydrogen gas nanosensor using individual ZnO nanowire with fast response at room temperature // *Sensors and Actuators B*. – 2010. – Vol. 144. – P. 56–66.

Уалиханов Р.Е., Гриценко Л.В., Абдуллин Х.А.

Алюминиймен қоспаланған мырыш оксидінің жұқа қабаттарының аз шағынды синтезі

Түйіндеме. Алюминиймен қышталған мырыш оксидінің жұқа үлгілері золь-гельдің арзан әдісімен алынған. Золь ерітінді концентрациясының әсері, сондай-ақ синтезделген үлгілердің морфологиясы мен оптикалық қасиеттері бойынша вакуумдағы термиялық өңдеу температурасы зерттелді.

Өзекті сөздер: мырыш оксиді, золь-гель әдісі, термиялық өңдеу, оптикалық қасиеттер.

Ualikhanov R.E., Gritsenko L.V., Abdullin Kh.A.

Low-cost synthesis of thin zinc oxide films alloyed with aluminum

Summary. Aluminum doped zinc oxide thin films were obtained by low-cost sol-gel method. The effect of sol concentration as well as the temperature of heat treatment in vacuum on the morphology and optical properties of the synthesized samples was studied.

Key words: zinc oxide, sol-gel method, thermal treatment, optical properties.

UDC 669-1

**N.K. Dosmukhamedov, A.N. Fedorov, E.E. Zholdasbay,
M.B. Kurmanseitov, Zh.S. Ahmedjan**

(Kazakh national research technical university named after K. I. Satpayev,
Almaty, Kazakhstan. zhte@mail.ru)

STUDY OF THE PHASE COMPOSITION SYSTEMS OF $\text{Cu}_2\text{O-FeO}_x\text{-CaO-SiO}_2$ SLAG MELTS

Abstract. The phase composition of high-copper slags has been studied and quantitative phase relationships determining their influence on the final physico-chemical properties of slags characteristic of autogenous processes of direct copper production have been established. It is shown that with increasing copper content in the slag, the amount of phases in the final slags increases.

It has been established that crystalline spinels based on copper and iron appear in slags with a copper content of 10% by mass, on a solid background of the glass phase. At low levels of copper oxide in the slag, the presence of cuprite is rare.

It is shown that at high solubility of copper in slag (up to 30%), the CuFe_5O_8 phase in slag, representing the class of spinels, is enriched in copper. At the same time, the glass phase based on the alloy of oxides $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cu}_2\text{O}$ is depleted by iron due to copper enrichment.

The established regularities of the change in the quantitative ratio of the phases in iron silicate calcium slag formed during the dissolution of copper in them is of fundamental importance for the selection of the optimum slag composition during melting and can be used in practice.

Key words: copper, phase composition, slag, structure, solubility.

Introduction

At present, autogenous processes occurring in melts have become widespread in copper metallurgy [1-6]. Regardless of the hardware design of autogenic processes, the theoretical features of the course of physico-chemical processes in them are characterized by general trends that ensure high rates of mass transfer, the production of mattes with a high copper content, and an increase in the extraction of copper into matte. Over the past 10 years, the improvement of autogenous processes has allowed the smelting of copper to produce copper-rich slags with further processing.

One of the main products of smelting, on which the losses of copper with slags depend and the final technological parameters of the process is slag. Formation of the slag phase and its composition are determined as the essence of the mechanism of the overall process, and has a significant effect on the cost of production of commodity copper. This explains the approach to the selection of slag composition for various processes. For example, the currently widely used autogenous processes of "Noranda" and "Warkra" smelt high-sulfur sulfide copper concentrates on blister copper using ferrite-calcium slag. This approach allowed to ensure minimal loss of copper in them. Nevertheless, the aggressive character of such slags, as the results of practice show, lead to excessive corrosion of the liner, which reduces the service life of the smelting furnaces. The situation in other autogenous processes using basic slags characterized by the $\text{FeO}_x\text{-SiO}_2\text{-CaO}$ system is not entirely favorable from a technological point of view. Although the physicochemical properties of the slags of this system have been studied quite fully, the questions of their use in melting on rough copper remain open. When copper or copper oxide is saturated, significant changes in the structure and structure of

the resulting slags should be expected. At the same time, the more copper dissolves in the slag, the more significant the phase composition changes, and, consequently, the physical and chemical properties of the slags that determine the main technological indicators of the process as a whole.

An analysis of the work [7-11] devoted to the study of the viscosity of the FeO-SiO₂-CaO system in the region of high copper contents (10-30%) and the solidus of the liquid phase of the Cu₂O-FeO-SiO₂-CaO system shows that in the results of known studies there is no unified opinion by final compositions and quantitative phase relationships in a multicomponent oxide system Cu₂O-FeO-SiO₂-CaO.

The purpose of this work is to study the phase composition of high-copper slags and to establish quantitative phase relationships in a multicomponent Cu₂O-FeO-SiO₂-CaO system under oxidizing conditions.

Preparation of initial materials and experimental procedure

Synthesis of initial slags. Synthetic slags were prepared by fusing calcined chemically pure reagents of oxides: copper, calcium, silicon and iron of grades C and CfA. Synthesis of initial slags was carried out in crucibles of beryllium oxide, which made it possible to eliminate the dissolution of alumina in the slag using an alundum crucible. After cooling, the components were packed in predetermined proportions, and the batch charge was loaded into a beryllium crucible, which in turn was placed in a high-temperature muffle furnace Nabertherm HTC 03/15. The furnace was heated to a temperature of 1450 °C in an open system, after which the melt was held for 10 minutes. After the necessary time for holding the melt in the furnace, the crucibles were quenched in water to maintain the structure of the homogeneous melt during crystallization and to ensure a sufficiently complete separation of the slag from the crucible walls. The slag extracted from the crucible was crushed, crushed to size - 100 microns, averaged and subjected to chemical analysis [12].

The compositions of the obtained slags are given in table 1.

Table 1. Chemical composition of slags

Slag number	Chemical composition,% wt.			
	Cu	Fe	SiO ₂	CaO
1	15,81	41,12	17,7	10,7
2	20,6	37,3	15,5	11,7
3	30,10	25,68	13,4	13,9

The prepared samples of slags with different copper contents of 15, 20, and 30 % were subjected to phase composition studies by X-ray phase analysis (XRD) on a DRON-3M X-ray machine with a scintillation counter and automatic recording of reflection reflexes and their intensity, the general form of which is shown in fig. 1.



Figure 1. X-ray diffractometer DRON-3M

The X-ray diffraction method is based on the diffraction of x-rays passing through crystalline materials [13, 14]. Each crystalline substance is characterized by its lattice, a certain chemical composition and a definite distribution of atoms over the unit cell of the lattice. Lattice geometry defines a set of interplanar distances, and the individuality and distribution of atoms is the intensity of the diffracted rays, which serves as a kind of "passport" for the chemical compound. A mixture of several individual chemical compounds gives an X-ray diffraction pattern, which is the imposition of diffraction effects characterizing individual phases. Analyzing the obtained diffraction pattern, it is possible to determine the phase composition of the substance.

The identification of chemical compounds by X-ray diffraction patterns was carried out from reference radiographs and files of diffraction passports, representing tables containing the values of d / n and the relative intensities of the lines of the known compounds.

X-ray quantitative phase analysis is aimed at determining the intensity of the reflexes of the phases under investigation and comparing the intensity of the lines of the phases being determined with each other.

A quantitative x-ray microanalysis was performed using the MLA System software and hardware system (Fig. 2), which consists of an electronic scanning microscope (SEM Quanta 650), two EDAX Silicon Drift Detectors and MLA Suite integrated software from FEI Company (USA).



Figure 2. Software and hardware complex MLA System

The presence of energy dispersive spectrometers in the installation allowed for how to perform quantitative x-ray microanalysis at individual points, and obtain maps of the distribution of elements over the area of the section. Determination of quantitative characteristics at a selected point occurs due to the registration of reflected, or in other words, backscattered, electrons. With an increase in the average atomic number of the sample, the elastic scattering of the electrons of the incident beam increases and, accordingly, the fraction of reflected electrons increases. The reflection of electrons from a plane massive target uniquely depends on the atomic number of the target, that is, the change in the reflection coefficient depending on the composition of the binary system is linear and, for the binary systems that differ greatly in atomic number, a quantitative analysis based on the reflected electrons is possible. Modern detectors allow one to obtain a contrast better than $0.1 \cdot Z$, which makes it possible to effectively detect and study the microinhomogeneities of the target by composition.

Results and its discussion

The results of X-ray diffraction analysis of slags 1, 2, and 3 showed a characteristic presence in them of the following phases: Delafossite ($\text{Cu}_1 + \text{Fe}_3 + \text{O}_2$), Cuprite (Cu_2O), CuFe_5O_8 spinels based on a solid solution of CuFe_2O_4 and Fe_3O_4 , a glass phase consisting of an alloy of CaO oxides $\text{SiO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cu}_2\text{O}$, $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Cu}_2\text{O}$ and $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$. At the same time, a comparative analysis of the quantitative ratios of the established phases in each sample shows a significant difference between them depending on the content of copper oxide in them.

In fig.3. the microstructure of the section of the slag sample 1 is shown.

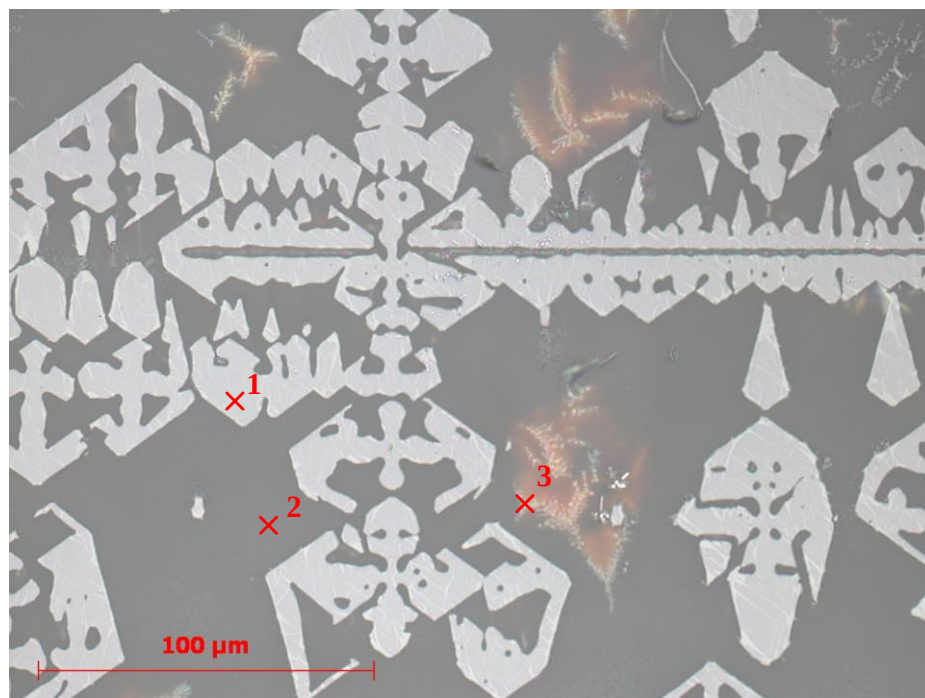


Figure 3. Slag microstructure 1. $\times 500$

As can be seen from Fig. 3, a large area of a slag with a copper content of 15,82% by weight. is represented by a continuous glass phase (point 2) and a crystalline spinel based on copper and iron (point 1). Cuprite (point 3) is rare.

It is established that as the concentration of copper in slags increases, both the number of phases from 3 to 5 increases, and their composition changes. Thus, the phase of the class of spinel CuFe_5O_8 increases copper content in the slag with increasing copper oxide content. The glass phase based on the alloy of oxides $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cu}_2\text{O}$, in turn, is enriched in copper, depleted in iron, and in slag 3 the concentration of iron in this phase approaches zero, and it (phase) degenerates into an oxide alloy based on the CaO system $\text{SiO}_2 \cdot \text{Cu}_2\text{O}$.

The quantitative composition of the detected phases is shown in table 2.

Table 2. Quantitative composition of the phases of slag sample 2

Point	Phase	Content of components, % by mass.				
		Cu	Fe	O	Si	Ca
1	CuFe_5O_8	6,74	78,49	14,77	-	-
2	$\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cu}_2\text{O}$	8,59	13,91	22,33	29,18	19,91
3	Cu_2O	95,02	-	4,98	-	-

The microstructure of slag 2 has a somewhat different qualitative character (Fig. 4).

Figure 4 shows an increase in the number of phases with an increase in the concentration of copper in the slag. Moreover, in comparison with the structure of slag 1 (Fig. 3), a noticeable decrease in the fraction of CuFe_5O_8 and glass phase is observed due to the appearance of a finer copper phase, finer in copper, CuFeO_2 . The share of cuprite (Cu_2O) proportionally increased. Characteristic is the separation of cuprite from the glass phase in the vicinity of Delafossite.

The results of the quantitative analysis of the phases of the slag sample 5 shown in table 3 show that when the content of copper oxide in the slag is increased by more than 20,6%, an increase in the number of phases is observed. Moreover, in comparison with the structure of the sample of slag 2, a noticeable decrease in the fraction of CuFe_5O_8 and the glass phase is evident, which is explained by the appearance of a finer copper phase, finer in copper, CuFeO_2 . The share of cuprite (Cu_2O) also increased proportionally. Characteristic is the separation of cuprite from the glass phase in the vicinity of Delafossite.

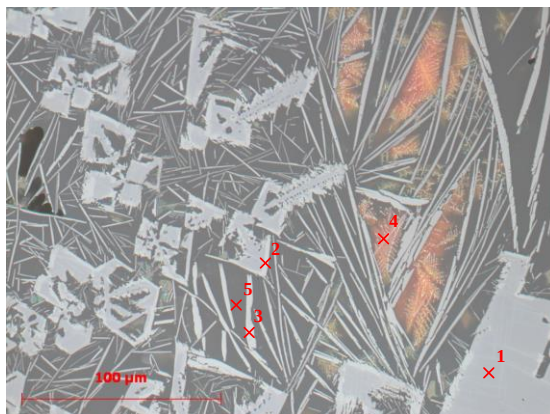


Figure 4. Slag microstructure 5. $\times$ 500

Table 3. Quantitative composition of the phases of slag sample 2

Point	Phase	Content of components,% by mass.				
		Cu	Fe	O	Si	Ca
1	CuFe_5O_8	12,38	69,38	14,79	-	-
2	CuFeO_2	47,71	39,59	10,43	-	-
3	CuFeO_2	49,17	39,45	10,02	-	-
4	Cu_2O	83,68	-	16,32	-	-
5	$\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cu}_2\text{O}$	13,09	6,59	24,78	29,65	17,74

The microstructure of slag 3 containing 30,8% by weight is the most diverse phase. copper. As in the previous described sample, cuprite is excreted mainly along the boundaries of crystallization of Delafossite. An increase in the number of phases has been established, which is not difficult to see from the microstructure of the slag shown in figure 5.

The quantitative composition of slag phases 3 is shown in table 4.

Table 4. Quantitative composition of the phases of slag sample 3

Point	Phase	Content of components,% by mass.				
		Cu	Fe	O	Si	Ca
1	CuFe_5O_8	19,39	55,30	15,12	-	-
2	CuFeO_2	52,16	30,37	10,68	-	-
3	CuFeO_2	51,56	32,41	10,18	-	-
4	Cu_2O	95,26	-	4,74	-	-
5	$\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Cu}_2\text{O}$	21,98	-	24,37	27,19	21,87
6	$\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	-	-	31,49	28,21	18,34

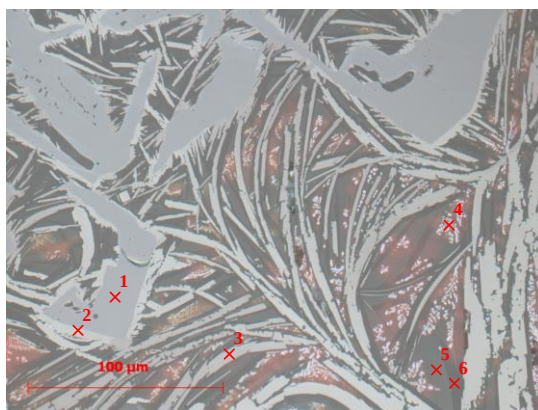


Figure 5. Slag microstructure 3, $\times$ 500

Conclusions

1. The phase composition is studied and the quantitative relationships of the slag phases, characteristic for high contents of copper oxide in them, are established. It is shown that with increasing copper content in the slag, the amount of phases in the final slags increases.

2. It has been established that crystalline spinels based on copper and iron appear in slags with a copper content of 15% by mass, on a solid background of the glass phase. At low levels of copper oxide in the slag, the presence of cuprite is rare.

3. With high copper solubility in slag (up to 30%), it is established that the CuFe_5O_8 phase of the class of spinels is enriched in copper. In this case, the glass phase based on the alloy of oxides $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cu}_2\text{O}$ is depleted in iron.

BIBLIOGRAPHY

- [1] Ryabko A.G., Tsemehman L.Sh. Development of autogenic processes in metallurgy of copper and nickel // *Tsvetnye Metally*. -2003. - No. 7.-С. 25-29.
- [2] Davenport W.G., King M., Schlesinger M., Biswas A.K. Extractive Metallurgy of Copper. fourth ed., Pergamon Press. New York. 2002.
- [3] Mechev V.V., Bystrov V.P., Tarasov A.V. Autogenous processes in non-ferrous metallurgy. -M.: Metallurgy. 1991. - 413 p.
- [4] Demetrio S., Ahumada J., Duran M.A., Mast E. Slag cleaning: The Chilean copper smelter experience // *JOM*. 2000. V.8. -R. 20-25.
- [5] Vanyukov A.V., Zaitsev V.Ya. Slags and mattes of non-ferrous metallurgy. - Moscow: Metallurgy. - 1969. 408 p.
- [6] Goto S. Equilibrium calculations between matte slag and gaseous phases in copper smelting. London: IMM. 1975.-P. 23-34.
- [7] Pavlov R.A., Pavlov A.V., Fedorov A.N. Investigations of the viscosity of slag systems wustite-silica and wustite-silica-calcium oxide // *Non-ferrous metals*. - 2000. - No. 4. - P. 76-79.
- [8] Kolosov A.G., Stupin A.V., Fedorov A.N., Vanyukov A.V. Viscosity of iron-silicate slags // *Non-ferrous metals*. - 1987. - No. 3. - P. 44-47.
- [9] Atlas of slags: reference. ed. / trans. with him. Ed. Kulikova IS - Metallurgy. - 1985. -208 p.
- [10] Kongoli F. and Yazawa A. Liquidus Surface of $\text{FeO}-\text{Fe}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{CaO}$ Slags at Constant CO_2 / CO Ratios // *Materials Transactions*. - 2003. - Vol. 44, No. 10. - P. 2130-2135.
- [11] Kudo M., Jak E., Hayes P., Yamaguchi K. and Takeda Y. Lead Solubility in $\text{FeO}_x-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ Slags at Iron Saturation // *Metallurgical and Materials Transactions B*. - 2000. - Vol. 31B. - P. 15-24.
- [12] Linchevskiy B.V. Technique of the metallurgical experiment. 2 nd ed. - M.: Metallurgy. - 1979. - 256 p.
- [13] Jenkins R. X-ray fluorescence spectrometry. 2nd ed. N.Y., 1999; Surface analysis by Auger and X-ray photoelectron spectroscopy / Ed. J. T. Grant, D. Briggs. Chichester, 2003
- [14] X-ray spectrometry: Recent technological advances / Ed. K. Tsuji, J. Injuk, R. Van Grieken. Chichester, 2004.

Досмухамедов Н.К., Федоров А.Н., Жолдасбай Е.Е., Курмансейтов М.Б., Ахмеджан Ж.С.

Шлак балқымалары $\text{Cu}_2\text{O}-\text{FeO}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ жүйесінің фазалық құрамын зерттеу

Түйіндеме. Жұмыста құрамында мысы жоғары шлактардың фазалық құрамы зерттелінді және фазалардың мөлшерлік қатынасы, олардың тікелей автогенді процестермен мыс балқыту кезінде алынатын шлактардың соңғы физика-химиялық құрамына әсер ететіні анықталды. Шлакта мыстың құрамы артқан сайын соңғы шлактарда фазалардың өсуін көрсетті.

Құрамында 10 % мас. мысы бар шлактарда, біркелкі әйнек фазасында, мыс және темір негізіндегі шпинелдердің кристалдануы пайда болғаны анықталды. Құрамында мыс оксиді аз шлактарда куприттің кездесуі айтарлықтай сирек.

Шлакта мыстың жоғары ерігіштігі кезінде (30% дейін) CuFe_5O_8 фазасы, шлакта шпинельдер класын көрсетін, мыспен байытылады. Бұл кезде оксиді балқымалар $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cu}_2\text{O}$ негізіндегі әйнек фазасы мыстың байуы есебінен темір бойынша кедейленеді.

Темірсиликатты кальцилі шлактарда фазалардың мөлшерлік қатынастары өзгеру заңдылықтары, оларда мыстың еруі кезінде пайда болатын, балқыту кезінде шлақтың оптималды құрамын таңдауда негізгі мәнге ие және тәжірибеде қолданылу мүмкіндігі орнатылды.

Түйін сөздер: мыс, фазалық құрам, шлак, құрылыс, ерігіштік.

Досмухамедов Н.К., Федоров А.Н., Жолдасбай Е.Е., Курмансейтов М.Б., Ахмеджан Ж.С.

Исследование фазового состава системы $\text{Cu}_2\text{O}-\text{FeO}_x-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ шлаковых расплавов

Резюме. В работе изучен фазовый состав высокомедистых шлаков и установлены количественные соотношения фаз, определяющих их влияние на конечные физико-химические свойства шлаков, характерных для автогенных процессов прямого получения меди. Показано, что с увеличением содержания меди в шлаке количество фаз в конечных шлаках растет.

Установлено, что в шлаках с содержанием меди 10 % масс, на сплошном фоне стеклофазы, появляются выкристаллизовавшиеся шпинели на основе меди и железа. При низких содержаниях оксида меди в шлаке наличие куприта встречается довольно редко.

Показано, что при высокой растворимости меди в шлаке (до 30%) фаза CuFe_2O_4 в шлаке, представляющая класс шпинелей, обогащается медью. При этом стеклофаза на основе сплава оксидов $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{Cu}_2\text{O}$ за счет обогащения медью обедняется по железу.

Установленные закономерности изменения количественного соотношения фаз в железосиликатных кальциевистых шлаках, образующихся при растворении меди в них, имеет принципиальное значение для выбора оптимального состава шлака при плавке, и могут быть использованы на практике.

Ключевые слова: медь, фазовый состав, шлак, структура, растворимость.

УДК 543.33: 544.654.2

МРНТИ 31.19.15

С.А. Каумбаев, Г.Л. Бадавамова

(Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы)

ELECTROCHEMICAL ANALYSIS OF HEAVY METALS IN FOOD PRODUCTS

Abstract .The amount of heavy metals, such as Zn, Cd, Pb and Cu, in food products was determined by inversion voltammetry and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). To prepare the sample for analysis, a mixture of conc. HNO_3 and conc. H_2O_2 , as well as a mixture of conc. HNO_3 , conc. HCl and conc. H_2SO_4 , the optimum ratio of these acids (6:3:1) was experimentally established. A large amount of zinc in the sample interferes with the determination of lead and copper. This is not taken into account in many standard methods for the determination of heavy metals. It was revealed that such products of wide consumer consumption, such as sausages, cocoa, buckwheat, are contaminated with some types of heavy metals.

Keywords: heavy metals, food products, inversion voltammetry, inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), sample preparation, microwave rack, zinc, cadmium, lead, copper.

С.А. Каумбаев, Г.Л. Бадавамова

(Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы)

ТАҒАМ ҚҰРАМЫНДАҒЫ АУЫР МЕТАЛДАРДЫ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ

Аңдатпа. Тағам өнімдерінің құрамындағы Zn, Cd, Pb және Cu сияқты ауыр металдардың мөлшерін инверсиялы вольтамперометр (ИВА) және плазмамен индуктивті байланысқан масс-спектрометрия (ПИБ-МС) әдістерінің көмегімен анықталынды. Үлгіні дайындауда концентрлі (конц.) азот қышқылы мен конц. сутек асқын тотығының қоспасы, сонымен қатар 65 % азот, 30 % тұз, 98 % күкірт қышқылдарының қоспасы пайдаланылып, олардың оптималды қатынастары (6:3:1) анықталынды. Үлгі құрамында мырыштың мөлшерінің көп болуы қорғасын және мыстың анықталынуына кедергі келтіреді. Бұл стандартты әдістемелерде ескерілмеген. Сондықтан әр металды бөлек анықтау қажет болды. Шұжық, какао және қарақұмық жармасы сияқты халық көп тұтынатын өнімдер ауыр металдардың кейбір түрімен ластанғандығы анықталды.

Кілттік сөздер: ауыр металдар, тағам өнімдері, инверсиялы вольтамперометрия (ИВА), плазмамен индуктивті байланысқан масс-спектрометрия (ПИБ-МС), үлгі даярлау, микротолқынды пеш, мырыш, кадмий, қорғасын, мыс.

Тағам өнімдерінің әртүрлі химиялық заттар және ауыр металдармен ластануын анықтау аналитикалық химияның негізгі мәселелерінің бірі болып табылады. Сондықтан аналитикалық химия үшін негізгі міндет – тағам құрамындағы улы заттардың мөлшерін анықтау әдістемелерін ұсыну [1-2]. Тағам өнімдерінің құрамындағы ауыр металдарды анықтауда атомдық-абсорбциялық спектроскопия (ААС) [3-5], плазмамен индуктивті байланысқан атомды-эмиссиялық спектроскопия (ПИБ АЭС) [6], жоғары эффективті сұйықтықты хроматография (ЖЭСХ) қолданылады [7-11]. Осы әдістердің әрқай-

сысының өз кемшіліктері бар. ААС әдісі бір уақытта бірнеше элементтерді анықтай алмайды. ПИБ АЭС әдісінің құрылғысы тым қымбат тұрады, ал ЖЭСХ әдісінде зиянды органикалық еріткіштермен экстракция жүргізіледі. ИВА әдісі үлгі құрамында мырыш, мыс, кадмий және қорғасынды бір уақытта анықтауға мүмкіндік береді. Құрылғы жоғары сезімталдық пен жылдамдыққа ие. Нәтижелердің қайталанымдығы, құрылғы құнының төмен болуы әдістің ерекшелігі болып табылады. Әдістің мәні: электродтың бетінде анықталатын компоненттер алдын-ала жинақталынады; алынған концентрат электрохимиялық түрде ерітіледі, «ток шамасы- потенциал» арасындағы тәуелділік шың түрінде тіркеледі, бұл тәуелділік вольтаммограмма деп аталады [12-19].

Мақсаты: Алматы қаласында тұтынылатын кейбір тағамдық өнімдер құрамындағы ауыр металдардың мөлшерін анықтау.

Негізгі міндеттері:

1. ИВА және ICP-MS құрылғыларының көмегімен ауыр металдарды анықтау;
2. Тағамдық өнімдерден талдауға сынама даярлаудың оптималды жағдайын анықтау;
3. ИВА әдісімен сынама талдау параметрлерін оңтайландыру.

Материалдар мен әдістер:

Зерттеу жүргізу үшін келесі тағам өнімдерінің үлгілері алынды:

№1. «Первомай» шұжығы (Қордай қаласы, басқа мәліметтер берілмеген);

№2. «Алтын дала» қарақұмық жармасы (ЖСШ «Мибеко», Қазақстан);

№3. «Бабаевский» какао (ЖСШ «Объединенные кондитеры», Ресей);

№4. «Қазақстан» шоколад (ЖСШ «Рахат», Қазақстан);

№5. «Jacobs» кофе (ЖСШ «Jacobs», Ресей);

№6 «Биг Бон» кеспесі (ЖСШ «Маревен Фуд Сэнтрал», Ресей);

№7 «Кан Ши Фу» қытай тез дайындалатын кеспесі (Қытай).

Сынаманы дайындау негізінен үш түрлі тәсілмен жүргізілді:

1 - тәсіл. Тағам өнімдерінің 5,00 грамм массасын өлшеп алып, үлгі құрамындағы ылғалдылықтан құтылу үшін 150-250 °C-та, содан кейін үлгіге 2,50 мл конц. HNO_3 қышқылын қосып, органикалық заттар ұшып кету үшін тағы да 150-250 °C-та қыздырылады. Үлгіге қайтадан 2,50 мл конц. HNO_3 қышқылы және 1,5 мл конц. H_2O_2 ерітіндісін қосып, 15 минут бойы температурасы 250 °C-қа тең муфелді пеште қыздырылады. Бұл әрекет қалған күлдің түсі ақ немесе сұр болғанға дейін бірнеше рет қайталанылады. Қалған күл 1 мл конц. HCOOH және 9 мл бидистилденген суды қосып ерітіледі. Дайындалған сынаманы 20 минут ішінде талдау қажет [20]. ICP-MS әдісі үшін алынған ерітінділерді «көк лента» фильтрімен сүзіледі.

2 - тәсіл. 2 грамм үлгіні өлшеп алып, алдымен ұнтақтайды және диаметрі 1 мм-ге тең електен өткізіледі. Ұнтақталған үлгіні конустық колбаға көшіріліп, 10 мл 6:3:1 қатынастағы 65 % HNO_3 , 30 % HCl , 98 % H_2SO_4 қышқылдарының қоспасымен өңделеді және 50 мл су қосылып, 106 °C-тан жоғары емес температурада үлгі толық еріп кеткенше 2-4 сағат бойы қыздырылады. Егер ерітінді мөлшері шектік деңгейге жетсе, оған конц. азот қышқылын қосып отырылады. Үлгі толық еріп болған соң, ерітінді толық буландырылады. Колбадағы қалған заттарды бидистилденген сумен ерітіліп, 100 мл өлшеуіш колбаға көшіріледі, өлшеуіш колба белгісіне дейін сумен жеткізіледі. Алынған ерітінді «көк лента» фильтрімен сүзіледі.

Ал үшінші тәсілде 2 грамм үлгіні өлшеп алынып, алдымен ұнтақталады және диаметрі 1 мм-ге тең електен өткізіледі. Ұнтақталған үлгіні конустық колбаға салынып, 10 мл 6:3:1 қатынастағы 65 % HNO_3 , 30 % HCl , 98 % H_2SO_4 қышқылдарының қоспасы қосылып, MARS Xpress типті микротолқынды пеш көмегімен өңдеу жүргізіледі.

MARS Xpress типті микротолқынды пеш көмегімен үлгілерді ыдыратудың артықшылықтары:

- Сынама дайындау уақытын қысқарту (стандартты әдістерде 3-5 сағат, бұл әдісте 45 минуттан 1 сағатқа дейін);

- Ұшқыш қосылыстардың жоғалуының жоқтығы;
- Атмосфераның ластанбауы;
- Қышқылдар мөлшерінің аз қолданылуы;
- Жұмысшы денсаулығына зиянды қышқыл буларының ұсталынуы;
- Үдерістің автоматтандырылуы.

Zn, Cd, Pb және Cu сияқты ауыр металдардың мөлшерін үш ұяшықты электрохимиялық ұяшықта ТА-4 («Томьяналит» Ресей Федерациясы) вольтамперометриялық анализатор көмегімен анықталынды. Индикаторлы электрод ретінде амальгамалы электроды қолданылды, ал салыстыру

және көмекші электрод ретінде 1 М калий хлоридімен толтырылған күміс хлориді электроды пайдаланылды. Фон ерітіндісі ретінде 200 мкл конц. НСООН (химиялық таза) ерітіндісі қолданылды.

Agilent 7500 типтегі ICP-MS құрылғысы пайдаланылды. Үлгілердің керекті мөлшерін алу және ICP-MS-ге енгізі үшін Agilent ASX-500 типтегі автосамплер пайдаланылды. ICP-MS әдісінде талдау үшін қолданылатын параметрлер: аргон (Ar) газының қысымы – 508 кПа; Плазма газының шығыны – Ar, 1,5 мл/мин; тасымалдаушы газ шығыны – Ar, 1,0 л/мин; қуаты – 1210 В; Сынамалар / скиммер конусы – платина; бақыланған сигналдар: ^{111}Cd , ^{208}Pb , ^{65}Zn , ^{63}Cu .

Сынама дайындауда MARS Xpress типті микротолқынды пеш қолданылды және оның параметрлері: өңдеу уақыты - 15 мин; ұстап тұру уақыты – 10 мин; максималды температура – 150 °C; максималды қуаты – 1210 В; қуатты пайдалану - 65%.

Нәтижелер мен талқылаулар.

Үлгіні дайындауда 3 түрлі тәсіл қолданылды. Әр тәсілдің өз артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Бірінші әдісте орындалатын операциялар саны көп және уақытты көп алады, ақ немесе сұр түстен басқа түстегі күлдерді пайдалануға болмайды. Себебі бұл органикалық қосылыстар құрамындағы көміртектің толық ұшып кетпегеніне дәлел бола алады. Бұл әдіспен сынама дайындауға 4-5 сағат уақыт кетеді.

Екінші тәсілде ең алдымен қышқылдардың әртүрлі қатынастары зерттелінді. Оптималды қатынас 6:3:1 болды. Бұл әдістің кемшілігі концентрлі қышқылдармен жұмыс жасалынады. Температура 106 °C-тан аспауы қажет. Қыздыру барысында қышқылдар буланып, жұмысшының денсаулығына зиян тигізуі мүмкін. Бұл әдіспен сынама дайындауға 2-4 сағат уақыт кетеді.

1-кесте. Қышқылдардың қатынасын оңтайландыру

Қышқылдар қатынасы	1:1:1	1:2:2	3:2:1	4:3:1	5:3:1	5:3:3	6:3:1	6:3:2
Шығым, %	25	12	40	60	72	65	99	69

Азот және тұз қышқылының мөлшерінің көбеюі органикалық қосылыстардың толық жойылуына алып келеді.

Үшінші тәсіл ең тиімді тәсіл болып табылады. Үлгіні даярлау мен оны талдауға 45-60 минут қана уақыт кетеді. Бұл әдістің кемшілігі қымбат құрылғыны қажет етеді.

ИВА әдісімен тағамдық өнімдерді талдау жүргізбестен бұрын талдаудың оңтайлы параметрлері – алдын-ала жинақтау потенциалы, жинақтау уақыты және потенциалды өзгерту жылдамдығы - анықталды.

ИВА әдісінің параметрлерін оңтайландыру:

2-кесте. Максималды ток күшіне (шың биіктігі) жинақтау уақытының әсері

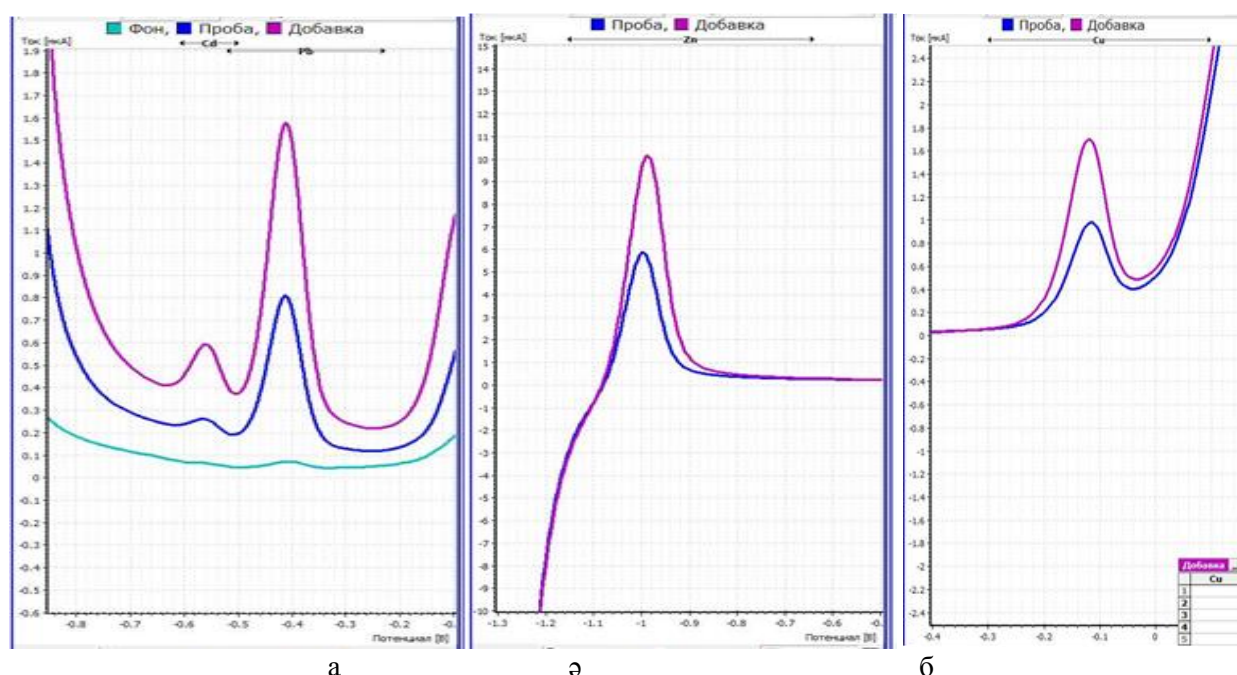
Электролиз уақыты, сек	60	70	80	90	100	110	120
Ток күші, μA	5.5	5.8	6.2	5.4	4.8	3.9	3.3

3-кесте. Максималды ток күшіне (шың биіктігі) жинақтау потенциалының әсері

Электролиз потенциалы, V	-1.0	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5	-1.6
Ток күші, μA	0.2	0.25	0.35	0.35	0.35	0.2

Зерттеу нәтижесінде ауыр металдарды (мырыш, кадмий, қорғасын, мыс) вольтамперметрлік талдаудың оптималды жағдайлары келесідей болды: электролиз уақыты – (60 – 80) секунд, электролиздің потенциалы – (-1,4 - (-1,5)) В, ал потенциалды өзгертудің оптималды жылдамдығы 200 мВ/с.

ИВА әдісімен №1-№7 тағам өнімдерінің сапасын объективті бағалау үшін ауыр металдар мына ретпен анықталынды: Cd мен Pb - бірге, ал Zn, Cu – әрқайсысы жеке-жеке (1-сурет, а, ә, б).



1-сурет. №2 үлгінің вольтамперограммасы (Cd, Pb, Zn, Cu үшін):
1-фон ерітіндісі (9 мл бидистилденген су және 0,5 мл конц. HCOOH), 2-үлгі,
3-стандартты ерітінді қосылған үлгі

1-суреттегі (а) фон ерітіндісінің вольтамперлік қисығында -1200 ден +100 мВ-қа дейін ешқандай шың байқалмады (1 қисық). Бұл фон ерітіндісінің таза екенін, яғни мырыш, кадмий, қорғасын және мыстың жоқ екенін көруге болады. Ал екінші қисықта -900, -550, -320, -50 мВ потенциалдарға сәйкес шыңдардың тіркелгенін көруге болады. Бұл потенциалдар Cu, Zn, Cd, Pb-ның анодтан сәйкес иондарға дейін тотыққанына дәлел бола алады. Cu, Zn, Cd, Pb-ның стандартты ерітінділерін сынамаға қосқан кезде, осы металдардың концентрациясына тура пропорционалды түрде шың биіктігінің өскенін байқауға болады (3 қисық).

Басқа зерттелген тағамдық үлгілер үшін де осындай вольтамперлік шыңдар тіркелді. Фон ерітіндісінің, үлгінің, стандартты ерітінді қосылған үлгінің вольтамперлік қисықтарының әртүрлі болуы тағам өнімдерінің құрамындағы ауыр металдардың мөлшерін анықтауға мүмкіндік береді және келесі кестеде олардың анықталған мөлшерлері келтірілген. ИВА әдісінің нәтижелері сезімталдығы жоғары болған ICP-MS әдісі бойынша алынған мәндермен салыстырылды.

1-кесте. ТА-4 құрылғыда ИВА және ICP-MS әдістері көмегімен алынған үлгілер құрамындағы ауыр металдардың мөлшерлері

Үлгі	Zn (мг/кг)		Cd (мг/кг)		Pb (мг/кг)		Cu (мг/кг)	
	ТА-4	ICP-MS	ТА-4	ICP-MS	ТА-4	ICP-MS	ТА-4	ICP-MS
№1	9,0±2,5	9,15	0,065±0,018	0,070	0,013±0,004	0,015	4,8±1,5	5,1
№2	17,0±2,0	18	0,022±0,006	0,026	0,024±0,007	0,025	4,0±1,3	4,2

1-кестенің жалғасы

№	Zn (мг/кг)		Cd (мг/кг)		Pb (мг/кг)		Cu (мг/кг)	
	ТА-4	ICP-MS	ТА-4	ICP-MS	ТА-4	ICP-MS	ТА-4	ICP-MS
№3	23,0±6,0	25	0,53±0,14	0,56	0,099±0,029	0,10	3,6±1,1	3,8
№4	2,50±0,30	2,65	-	-	-	-	-	-
№5	3,50±0,60	3,54	-	-	-	-	-	-
№6	2,32±0,12	2,33	-	-	-	-	-	-
№7	4,78±0,25	4,82	-	-	-	-	-	-
ШРК	10		0,05		0,1		10	

*ШРК- шекті рұқсат етілген концентрация;

- табылмады немесе олардың мөлшері тым аз.

Кестеден көрініп тұрғандай, біріншіден, ТА-4 құрылғыда ИВА және ICP-MS әдістері көмегімен алынған нәтижелер бір-біріне өте жақын және жақсы үйлеседі. Екіншіден, зерттелген тағам өнімдерінің құрамында қорғасын және мыстың мөлшері ШРК мәнінен аспаған, кадмийдің жоғары концентрациясы шұжық (№1) және какао (№3), ал мырыштың жоғары концентрациясы қаракұмық жармасы (№2), какао (№3)-да байқалады.

Қорытынды:

1. Сынама үлгісін ыдыратуға қажет концентрлі қышқылдар (HNO_3 , HCl , H_2SO_4) қоспасының оптималды қатынасы (6:3:1) анықталды.
2. Ең алғаш рет MARS Xpress типті микротолқынды пеш көмегімен ИВА әдісі үшін тағамдық өнімдерден сынама дайындалды.
3. Сынама даярлау үдерісін оңтайландыру нәтижесінде ИВА әдісімен тағамдық өнімдерді талдау уақыты 3-5 сағаттан 1 сағатқа дейін төмендетілді.
4. ИВА әдісімен талдаудың оптималды параметрлері: электролиз уақыты: 60 - 80 секунд, электролиздің потенциалы: -1,4 - (-1,5) В, потенциалды өзгертудің оптималды жылдамдығы 200 мВ/с.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Heavy metal contamination in soil, food crops and associated health risks for residents of Ropar wetland, Punjab, India and its environs. Sakshi Sharm, Avinash Kaur Nagpal, Inderpreet Kaur. Food Chemistry, Volume 255, 30 July 2017, Pages 15-22.
- [2] Assessment of heavy metals in raw food samples from open markets in two African cities. Yannick Nuapia, Luke Chimuka, Ewa Cukrowska. Chemosphere, Volume 196, April 2018, Pages 339-346
- [3] Сырье и продукты пищевые. Атомно – абсорбционный метод определения токсичных элементов. ГОСТ 30178–98. – Введ. 01.07.1998. – Москва: Издательство стандартов. 1998. – 16 с.
- [4] Investigation of the heavy metals content of some food products by using atomic absorption spectrometry. Magdalena Mititelu, Florica Nicolescu, Corina Ioniță, Ana Băncescu, Elena Dogaru. Scientific study and research, Vol. IX (1). - 2008. – p. 83-86
- [5] Nigerian herbal remedies and heavy metals: violation of standard recommended guidelines. Igweze Zelinjo Nkeiruka, Orisakwe Orish Ebere, Atuboyedia W Obianime. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, Volume 2, Issue 3, Supplement, 2012, Pages S1423-S1430.
- [6] МУК 4.1.986-00 Методика выполнения измерений массовой доли свинца и кадмия пищевых продуктах и продовольственном сырье методом электротермической атомно-абсорбционной спектроскопии. – Введ. 01.01.2001. – Москва: Издательство стандартов. 2001. – 16 с
- [7] Determination of heavy metals in the soils of tea plantations and in fresh and processed tea leaves: an evaluation of six digestion methods Md. Harunur Rashid, Zeenath Fardous, M. Alamgir Zaman Chowdhury, Md. Khorshed Alam, Md. Latiful Bari, Mohammed Moniruzzaman, and Siew Hua Gan. Chem Cent J. 2016; 10: 7.
- [8] Metal-organic frameworks as advanced sorbents for the extraction and determination of pollutants from environmental, biological, and food media. Beshare Hashemi, Parvin Zohrabi, Nadeem Raza, Ki-Hyun Kim. TrAC Trends in Analytical Chemistry, Volume 97, December 2017, Pages 65-82.
- [9] Determination of starting materials, intermediates, and subsidiary colors in the color additive Food Red No. 106 (Sulforhodamine B) using high-performance liquid chromatography. Chiye Tatebe, Takashi Ohtsuki. Food Chemistry, Volume 237, 15 December 2017, Pages 733-742.
- [10] Phthalates and heavy metals as endocrine disruptors in food: A study on pre-packed coffee products. LucaDe Toni, Francesco Tisato, Roberta Seraglia. Toxicology Reports, Volume 4, 2017, Pages 234-239.
- [11] Analysis of total petroleum hydrocarbons, polycyclic aromatic hydrocarbons and risk assessment of heavy metals in some selected finfishes at Forcados Terminal, Delta State, Nigeria. Joyce Nkem Oyibo, Matthew Owihonda Wegwu, Augustine Amadiakwa Uwakwe, Justice Obinna Osuoha. Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management, Volume 9, May 2018, Pages 128-135.
- [12] Инверсионная вольтамперометрия. Ф. Выдра, Ф. Скальный, К. Штулик, Э. Юлакова. – М. : Мир, 1980. – 278 с.
- [13] Носкова Г. Н. Минерализация пищевых продуктов. Методическое пособие по подготовке проб для определения содержания токсичных элементов : практ. рук-во. Г. Н. Носкова, А. В. Заичко, Е. Е. Иванова. – Томск : ТПУ, 2010. – 30 с.
- [14] Статистика в аналитической химии: пер. с нем. Дерффель К. К. Дерффель. – М. : Мир, 1994. – 146 с.
- [15] Инверсионно– вольтамперометрическое определение тяжелых металлов в чайном материале. Матвейко Н.П., Кулак А.И.. Известия НАН Беларуси, сер. хим. наук. 2011, № 3, 59–62
- [16] Stripping analysis. In: Vanysek P (ed) Modern techniques in electroanalysis. Dewald HD. -John Wiley, New York, 1996. – p. 151.
- [17] Electroanalytical stripping methods. Brainina K, Neyman E. -John Wiley, New York, 1993.
- [18] Conditions for a nearly perfect match between pulse voltammetry and linear scan voltammetry. Nicolas Fatouros, Denise Krulic. Journal of Electroanalytical Chemistry, Volume 817, 15 May 2018, Pages 167-175.

[19] Further investigation of the equivalence of staircase and linear sweep voltammograms. IV - Averaged-current staircase voltammetry applied to electrochemical reactions involving soluble species. C.Montella. Journal of Electroanalytical Chemistry, Volume 817, 15 May 2018, Pages 73-88.

[20] ГОСТ Р 51301-99. Продукты пищевые и продовольственное сырье. Инверсионно-вольтамперометрические методы определения содержания токсичных элементов (кадмия, свинца, меди и цинка). – Введ. 01.07.2001. – Москва: Издательство стандартов. 2001. – 16 с.

Каумбаев С.А., Бадавамова Г.Л.

Электрохимический анализ тяжелых металлов в пищевых продуктах

Резюме. Количество тяжелых металлов, как Zn, Cd, Pb и Cu, в продуктах питания было определено с помощью методов инверсионной вольтамперометрии и масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС). Для приготовления пробы к анализу была использована смесь конц. HNO_3 и конц. H_2O_2 , а также смесь конц. HNO_3 , конц. HCl и конц. H_2SO_4 , было экспериментально установлено оптимальное соотношение этих кислот (6:3:1). Большое количество цинка в образце препятствует определению свинца и меди. Это не учитывается во многих стандартных методиках определения тяжелых металлов. Было выявлено, что такие продукты широкого народного потребления, такие как, колбасные изделия, какао, гречневая крупа, загрязнены некоторыми видами тяжелых металлов.

Ключевые слова: тяжелые металлы, пищевые продукты, инверсионная вольтамперометрия, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой (ИСП-МС), пробоподготовка, микроволновая печь, цинк, кадмий, свинец, медь.

Каумбаев С.А., Бадавамова Г.Л.

Electrochemical analysis of heavy metals in food products

Summary: The amount of heavy metals, such as Zn, Cd, Pb and Cu, in food products was determined by inversion voltammetry and inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). To prepare the sample for analysis, a mixture of conc. HNO_3 and conc. H_2O_2 , as well as a mixture of conc. HNO_3 , conc. HCl and conc. H_2SO_4 , the optimum ratio of these acids (6:3:1) was experimentally established. A large amount of zinc in the sample interferes with the determination of lead and copper. This is not taken into account in many standard methods for the determination of heavy metals. It was revealed that such products of wide consumer consumption, such as sausages, cocoa, buckwheat, are contaminated with some types of heavy metals.

Key words: heavy metals, food products, inversion voltammetry, inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS), sample preparation, microwave rack, zinc, cadmium, lead, copper.

УДК 666.1/5:666.9

¹Ye.I. Kuldeyev, ¹I.V. Bondarenko, Ye.S. Orynbekov, ³R.Ye. Nurlybayev, ¹S.S. Temirova *

(¹Joint Stock company "Institute of Metallurgy and Benefication", e-mail: stemirova@mail.ru

³National joint stock company "Kazakh National Satpayev Research and Technology University"

³Limited Partnership "SAVENERGY")

USING ACTIVATED DIATOMITE IN DRY BUILDING MIXTURES

Abstract. The article presents data on the state of Kazakhstani market of dry building mixtures and on opportunities of growth of Kazakhstani share in their production as well as adjustment of modern technologies to local raw materials. It also presents the research on using highly ferriferous types of Kazakhstani diatomites as a component of dry building mixtures, which demonstrates obtaining high quality finishing mortar based on the mixture of cement, gypsum, lime, and diatomite

Key words: diatomite, application, dry building mixes, marketing, plaster mixes, iron-calcium silicates.

^{1,2}Е.И. Кульдеев, ¹И.В. Бондаренко, ³Е.С. Орынбеков, ³Р.Е. Нурлыбаев, ¹С.С. Темирова

(¹ АО «Институт металлургии и обогащения», e-mail: stemirova@mail.ru

² НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени

К.И. Сатпаева» ³ТОО «SAVENERGY»)

**ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВИРОВАННОГО ДИАТОМИТА
В СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЯХ**

Аннотация. Представлены данные о состоянии казахстанского рынка сухих строительных смесей (ССС) и возможностях по росту казахстанского участия в их производстве и совершенствовании современных технологий на основе местного природного сырья. Выполнены исследования по использованию в качестве компо-

нента ССС высокожелезистых разновидностей казахстанского диатомитового сырья, свидетельствующие о получении высококачественных штукатурных растворов на основе смесей цемент-гипс-известь-диатомит.

Ключевые слова: диатомит, применение, сухие строительные смеси, маркетинг, штукатурные смеси, железо-кальциевые силикаты.

История развития производства сухих строительных смесей (ССС) в мире началась в первой четверти 20-го века как способ оптимизации времени и затрат на предварительную подготовку кладочных, штукатурных и грунтовочных составов, с одной стороны, и внедрения ноу-хау в строительные материалы и технологии в виде сложных химических модификаторов, кардинально улучшающих адгезию, придающих морозо- или водостойкость и другие необходимые качества материалам, с другой стороны. Во всем мире сухие смеси давно пользуются широкой популярностью - объемы их потребления измеряются миллионами тонн в год благодаря их высокой эффективности и явным преимуществам по сравнению с традиционной смесью песка и цемента. Повсеместное использование сухих строительных смесей позволило полностью изменить культуру производства отделочных и ремонтных работ, а также повысить их эффективность на 150-200%. В большинстве развитых стран, например, в Германии, потребление сухих смесей достигает на сегодняшний день 90% от общего объема составов, применяемых в строительстве. Для достижения высокого качества готовых современных композиций рецепт каждой сухой смеси необходимо тщательно отработать в лабораторных и производственных условиях и оценить ее конкурентоспособность в сравнении с другими марками производителей.

На сегодняшний день ССС приобретают все большее значение в производстве выравнивающих штукатурок на гипсовой основе; цементной или цементно-известковой основе; цементно-клеевой основе.

Промышленностью широко выпускаются: клеящие сухие составы; ремонтные составы; защитные санитарные; кладочные смеси; декоративные штукатурки; гидроизоляционные составы; тепло- и звукоизолирующие сухие композиции; грунтовочные составы.

Широкий спектр рецептур ССС условно можно разделить несколько групп по содержанию основного компонента: цементные, гипсовые, известковые, содержащие органику и смешанные. Основным химическим компонентом большинства ССС является кремнезем, который может присутствовать в соединениях в виде разнообразных форм силикальцитов. С учетом этого производство данных смесей ориентировано на использование в качестве источника сырья природных силикатов, достаточно чистого, недорогого и не требующего значительных затрат на его переработку и очистку (каолиновые глины, перлиты, диатомиты, вермикулиты и т.д.).

Диатомит обладает высокопористой микроструктурой с высокими адсорбционными свойствами и большим содержанием активного гидратированного кремнезема.

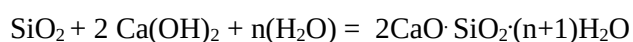
Высокая пористость, легкая измельчаемость, и сравнительно высокое содержание активного гидратированного кремнезема делают диатомит весьма перспективным компонентом ССС.

По оценке Геологической службы Министерства внутренних дел США («USGS») мировые запасы диатомита составляют более 1 млрд. т, из которых около 250 млн. т приходятся на США и 110 млн. – на Китай. Разведанные запасы диатомита в России составляют 350 млн.т. Запасы казахстанских диатомитов не подсчитаны и по предварительной оценке они составляют более 200 млн.т., из них около 80% находятся в Муголжарском районе Актюбинской области.

В настоящее время объем добычи диатомита в мире составил свыше 2,5 млн.т в год, значительная часть из которого добывается в США (0,6 млн.т). На долю СНГ приходится 4% мирового производства диатомита, в Казахстане его промышленная добыча не ведется.

Средняя цена 1 тонны диатомитовой руды в США составляет около 300 USD. Основные области применения диатомита в США: фильтры для пищевой промышленности – 67%, применение в качестве добавок к цементу – 15%, адсорбента – 11%, наполнителя – 7%, прочие сферы – менее 1%. Высоким конкурентным преимуществом казахстанских диатомитовых руд является их поверхностное залегание и невысокая цена добычи [1].

Диатомитовая руда представляет собой конгломерат частиц кремнезема различной степени гидратированности ($m\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Размер частиц колеблется от 0,260 до 0,789 мкм, а содержание SiO_2 – от 25 до 87 %. В качестве примеси присутствуют глинистые минералы (5-10 %). Действие диатомитов, как активных минеральных добавок, основано на способности, содержащегося в них аморфного кремнезема, связывать известь в низкоосновные гидросиликаты кальция по схеме:



Известно, что способность связывать гидроксид кальция в присутствии воды при обычных температурах обусловлена содержанием в диатомитах веществ в химически активной форме, что является важнейшим фактором для создания рецептур современных ССС.

Производство ССС в Казахстане только зарождается, так как внедрение сухих строительных смесей (ССС) на рынок Казахстана началось лишь в 90-е годы прошлого века с импорта этой продукции из Германии, Турции, Польши и Финляндии. На сегодняшний день основными поставщиками сухих строительных смесей на рынке Казахстана являются зарубежные производители: АО «Баларс»; ООО «Юнистром-Трейдинг»; МС – Bauhemie Russia. Ежегодное потребление ССС составляет около 1 млн. тонн с приростом в 15-20%. Перспективы дальнейшего развития рынка ССС эксперты оценивают, как самые благоприятные, так как всё большее число строительных компаний переходят на новые технологии и начинают использовать сухие смеси [2-3]. Хотя большую часть прироста (около 65%) казахстанского рынка обеспечивают зарубежные производители, в то же время появились и крупные отечественные производители сухих строительных смесей – АО «Жамбылгипс», ТОО «Alina», ТОО «Knauf Kazakhstan», ТОО «Alit».

Доля отечественного производства фасадных, выравнивающих шпатлевок, гидроизолирующих цементных смесей, полимерных жидкостей и наливных полов на минеральной основе достигла на внутреннем рынке свыше 80 %. В общем ассортименте розничной торговли сухими смесями выделяются девять вышеперечисленных основных товарных групп. Наибольшую долю в общей структуре ССС занимает клей для плитки (27%), на втором месте находится шпатлевка (22%), на третьем - затирка для швов. Наименьшую долю составляют вяжущие материалы и гидроизоляция.

В целом, в розничной торговле сухими смесями присутствуют 130 марок. Товарные группы различаются между собой по числу представленных в них марок. Больше всего марок ССС представлено в группах «Клей для плитки» и «Шпатлевка» (47 и 45), эти товарные группы имеют наибольший удельный вес в структуре розничной торговли. Вяжущие материалы, которые встречаются в продаже реже, представлены наименьшим количеством марок, что говорит о сравнительно низком уровне конкуренции [4-5]. Доли марок в разных товарных группах различаются между собой.

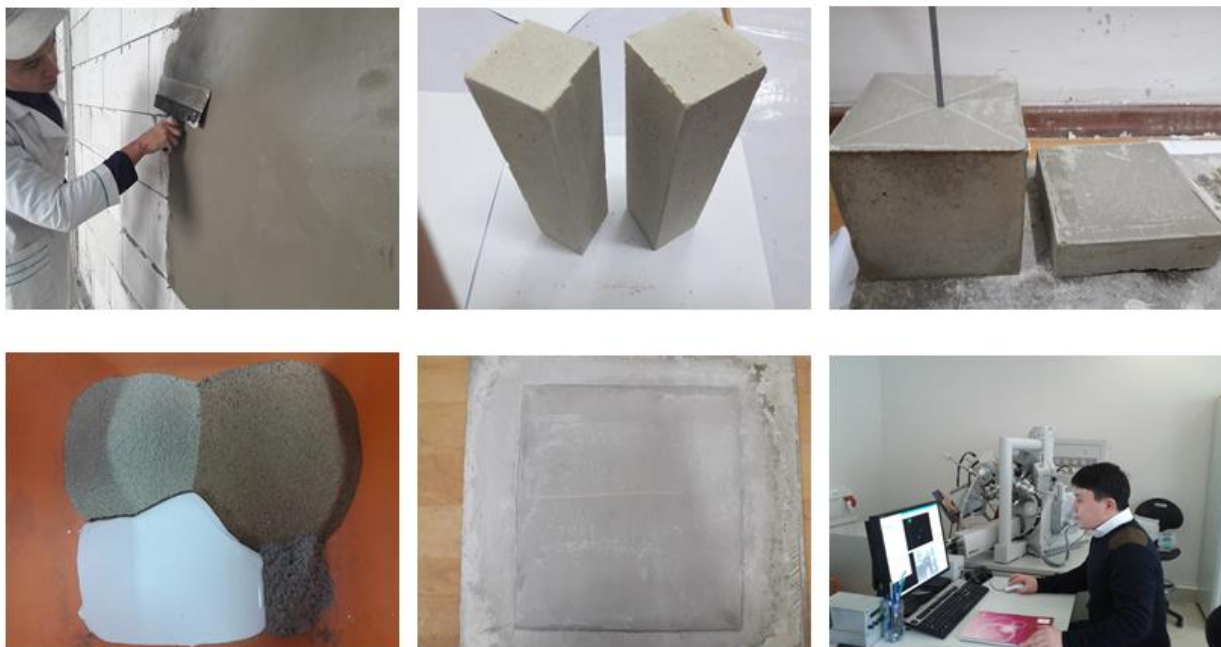


Рис. 1. Комплексное лабораторное испытание сухих строительных смесей

Ученые из разных регионов России уже достаточно давно и успешно занимаются исследованиями по применению диатомита в качестве компонента ССС [6-10]. Ими разработаны оптимальные режимы подготовки сырья и активации сырого диатомита, рецептуры составов ССС на основе местного диатомитового сырья.

Работы по использованию диатомита в качестве активной минеральной добавки при получении строительной продукции активно проводятся зарубежными учеными [11-13].

Нами определены перспективы применения казахстанского диатомитового сырья в различных сферах отечественной индустрии [14].

В данной работе предложено оригинальное технологическое решение, отличающееся от классических рецептур ССС на основе цемента и цементно-гипсовых смесей, заключающееся в получении силикокальцитов, в том числе гидратированных ферросиликальцитов. Для синтеза ферросиликальцитов использовались высокожелезистые разновидности диатомитового сырья (20-30% Fe_2O_3) – опоки.

Опоки измельчались до крупности менее 0,1 мм. Одна партия обжигалась в лабораторной муфельной печи при температуре 600 °С в течение 1 часа, другая партия не подвергалась термической активации. Обе партии были подвергнуты измельчению в лабораторном истирателе ИВ-3 до крупности 30-40 нм. Сырой и термически активированный диатомит смешивали с цементным порошком, известью в массовых пропорциях 10:1:3 и в ряде опытов с гипсом. При получении части композиций в качестве пластификатора использовали гипс марки «ч» (до 5 масс. %). Смесью затворяли водой при Ж:Т = 1:5. Готовые штукатурные растворы наносились на стенку, сложенную из склеенных газобетонных блоков в соответствии с требованиями СТ РК EN 998-1-2011 [15]. Композиции с обожженным диатомитом и гипсом показали высокую пластичность при нанесении слоя штукатурки, ее быструю схватываемость и прочность при удержании на вертикальной поверхности. По-видимому, быстрому схватыванию и набору прочности слоя штукатурки способствует образование в растворе сложных гидратированных железо-кальциевых силикатов типа хеденбергита – $\text{Ca}(\text{Fe},\text{Mg})\text{Si}_2\text{O}_6$ и хлориоида - А – $\text{FeAl}_2\text{SiO}_5(\text{OH})_2$.

Таким образом, проведенные исследования показали эффективность использования высокожелезистых казахстанских диатомитов в качестве важного компонента сухих штукатурных смесей.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://scsgroupconsult.com>
- [2] <http://research-techart.ru/report/dry-construction-mixtures.htm>
- [3] <http://docplayer.ru/46874455-Obzor-rynka-suhih-stroitelnyh-smesey.html>
- [4] Ковальчук А. Рынок строительных материалов <http://oldkazakhtv.softdeco.net>
- [5] <http://www.kazninvest.kz/napr/analytics/export/brief/Alina.pdf>
- [6] Пустовгар А. Эффективность применения активированных диатомитов в сухих строительных смесях // Строительные материалы. - 2006. - №10. - С. 62-64
- [7] Логанина В.И., Давыдова О.А., Симонов Е.Е. Влияние активации диатомита на свойства известковых композиций // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2011. - № 3. - С. 20-23.
- [8] Никифоров Е.А., Логанина В.И., Давыдова О.А., Симонов Е.Е. Особенности структурообразования известковых композитов с применением модифицированного диатомита // Региональная архитектура и строительство. - 2011. - № 2. - С. 4-8.
- [9] Черкасов В.Д., Бузулуков В.И., Емельянов А.И., Кисилев Е.В., Черкасов Д.В. Активная минеральная добавка на основе химически модифицированного диатомита // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2011. - №12. - С. 50-55.
- [10] Карпова О.В., Логанина В.И., Симонов Е.Е. Эффективность применения известково-диатомитовой декоративной штукатурки для отделки ограждающих конструкций // Известия высших учебных заведений. Строительство. - 2012. - № 5. - С. 44-47.
- [11] Grilo J, Faria P, Veiga R, Santos Silva A, Silva V, Velosa A. New natural hydraulic lime mortars – physical and microstructural properties in different curing conditions // Constr. Build. Mater. - 2014. – V.54. - P. 378 - 384.
- [12] Grist Er., Paine Ka, Heath A., Norman J., Pinder H. Compressive strength development of binary and ternary lime-pozzolan mortars // Mater. Des. - 2013. - V.52. - P. 514-523.
- [13] Baltazar Luis G., Henriques Fernando M.A., Jorne Fernando, Cidade M.T. Combined effect of superplasticizer, silica fume and temperature in the performance of natural hydraulic lime grouts // Constr. Build. Mater. - 2014. - V.50. - P. 584-597.
- [14] Кульдеев Е.И., Бондаренко И.В., Тастанов Е.А., Абдулвалиев Р.А., Темирова С.С., Абдикерим Б.Е. Активированные диатомиты – инновационный материал многоцелевого назначения для развития индустрии Республики Казахстан // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. - 2017. - №5. - С.255-261.
- [15] СТ РК EN 998-1-2011. Требования к строительным растворам для каменной кладки. Часть 1. Строительный раствор для нанесения штукатурки.

Көлдеев Е.И., Бондаренко И.В., Орынбеков Е.С., Нұрлыбаев Р.Е., Темірова С.С.*

Белсендірілген диатомитті құрғақ құрылыс қоспаларында қолдану

Резюме. Құрғақ құрылыс қоспаларының (ҚҚҚ) қазақстандық нарықтағы жағдайы және оларды өндіруде қазақстандық шикізаттың қатысуын арттыру мүмкіндіктері және жергілікті табиғи шикізат негізіндегі заманауи технологияларды жетілдіру бойынша мәліметтер келтірілген. Цемент-гипс-эктас-диатомит қоспаларының негізіндегі жоғары сапалы сылақ ерітінділерін алу үшін ҚҚҚ-ның компоненті ретінде қазақстандық диатомитті шикізаттың жоғары темірлі түрлерін пайдалану бойынша зерттеулер жүргізілді.

Түйін сөздер: диатомит, қолдану, құрғақ құрылыс қоспалары, маркетинг, сылақ қоспалары, темір-кальцийлі силикаттар.

Kuldeyev Ye. , Bondarenko ., OrynbekovYe.S. , Nurlybayev R.Ye. Temirova S.S.*

Using activated diatomite in dry building mixtures

Summary. The article presents data on the state of Kazakhstani market of dry building mixtures and on opportunities of growth of Kazakhstani share in their production as well as adjustment of modern technologies to local raw materials. It also presents the research on using highly ferriferous types of Kazakhstani diatomites as a component of dry building mixtures, which demonstrates obtaining high quality finishing mortar based on the mixture of cement, gypsum, lime, and diatomite

Key words: diatomite, application, dry building mixes, marketing, plaster mixes, iron-calcium silicates.

УДК 631.893

A.S. Tleuov, S.D. Arystanova, S.T. Tleuova, U.B. Nazarbek, S.N. Kurbanbayeva, M.M. Ulbekova

THERMODYNAMIC MODELING OF PHOSPHORUS SEPARATION FROM PHOSPHORIC SLIMES WITH USING ALUMINOSILICATE SORBENTS

Abstract. The thermodynamic regularities of process of pure phosphorus separation from phosphoric slimes with using aluminosilicate sorbents are studied in the article. Thermodynamic researches were conducted within the modern program HSC-5.1. The equilibrium distribution of elements and compounds between participants of reaction in working systems is established at the result of the research. The influence of molar number of water and temperature on extent of transition of phosphorus to other compounds is studied.

Key words: sorbent, aluminosilicates, thermodynamics, sorption, phosphoric slime, Gibbs' energy.

**Ә.С. Тілеуов, С.Д. Арыстанова, С.Т. Тілеуова, Ұ.Б. Назарбек,
С.Н. Кұрбанбаева, М.М. Ұлбекова**

(М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан Мемлекеттік Университеті,
Шымкент, Қазақстан Республикасы, unazarbek@mail.ru)

**ФОСФОР ШЛАМЫНАН АЛЮМОСИЛИКАТТЫ СОРБЕНТТЕРДІ ҚОЛДАНЫП
ФОСФОРДЫ БӨЛІП АЛУ ПРОЦЕСІН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ**

Түйіндеме. Мақалада алюмосиликатты сорбенттерді қолдана отырып фосфор шламынан таза фосфорды бөліп алу процесінің термодинамикалық заңдылықтары анықталды. Термодинамикалық зерттеулер HSC – 5.1 заманауи бағдарлама бойынша жүргізілді. Зерттеулер нәтижесінде элементтер мен қосылыстардың тепе-теңдік күйде реакцияға қатысушылар арасында өзара бөлінуі бекітілді. Температура мен судың мольдік санының фосфордың басқа қосылыстарға өту дәрежесіне әсері зерттелді.

Кілтті сөздер: сорбент, алюмосиликаттар, термодинамика, сіңіру, фосфоршламы, Гиббс энергиясы.

Соңғы жылдары еліміздегі зауыттарда өндірілген шикізаттардан қалған және бұрынырақ тас-талған қалдықтар күрделі экологиялық мәселе тудырғандықтан, оларды қайта өңдеп кәдеге жарату қазіргі таңда басты назарға алынып отыр.

Елімізде химиялық өндірісінің басты саласының бірі – фосфор өндірісі болғандықтан, ол тех-ногенді қалдықтардың түзілуінен яғни, фосфор шламы, коттрель шаңы, газдық қосылыстарымен сипатталады [1,2]. Ауаны фосфорқұрамдас заттармен ластаушы негізгі көздері фосфор өндірісінің цехтары болып табылады. Дегенмен, соңғы жылдары сары фосфор және оның негізіндегі өнімдерді өндіру көлемі айтарлықтай төмендегені рас. Аталмыш саладағы жұмыстарды дамытуда, барлық өндіріс қуаттарын қолдану төмен деңгейімен сипатталады.

Осы орайда, фосфор шламдарын кәдеге жарату және қайта өңдеу бойынша ұсынылған әдістердің көптігіне қарамастан, олар аппараттық жарақтандыруы мен экономикалық орынды еместігіне

байланысты кең қолданысқа ие бола алмады. Сондықтан осы мақала барысында шламдардан таза фосфорды бөліп алу үшін, сіңіру әдісі арқылы беттік ауданы мезопоралық минералды сорбенттерді қолдану қолжетімді негізде жасалған.

Фосфор шламы – фосфор, су және шламның минералдық бөлігінен құралатын күрделі жүйе. Фосфор тамшылары өздігінше бөлектенген немесе агломераттарға жинақталған [3-5].

Фосфор шламынан ең жоғары деңгейде фосфорды бөліп алуды қамтамасыз ету үшін, құрамындағы көміртек компоненттері әртүрлі табиғи алюмосиликатты минералдармен жұмыс істеу кезінде, процессті жүргізудің оңтайлы технологиялық тәртіптері ұсынылады [6]. Жүргізілген зерттеу жұмыстарының нәтижесінде фосфор шламынан таза фосфорды бөліп алу үшін жергілікті кенорындардан алынған сорбенттер қолданылды.

Фосфор шламынан жергілікті алюмосиликаттарды қолдана отырып, фосфорды бөліп алудың заңдылықтарын зерттеу үшін жұмыс қоспасының нақты құрамы бойынша келесі жүйелерге термодинамикалық модельдеу жүргізілді:

1. $P_4 \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$;
2. $P_4 \cdot CaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$;
3. $P_4 \cdot CaO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot nH_2O$;

Зерттеулер фин металлургиялық компанияларының Outkumpu [7] бағдарламалық жасақтамасының HSC-5.1 бағдарламалық пакетін пайдаланып, кем дегенде Гиббс энергиясының [8,9] іргелі принципіне негізделген толық термодинамикалық талдау арқылы жүзеге асырылды.

$P_4 \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$ жүйесі. Жүйелерде өзара әрекеттесудің термодинамикалық үлгілеуі 283-343K температура диапазонында фосфорлы шламды сорбциялауға бөлуге судың құрамының 0,5-тен 1,5 мольге дейін өзгеруінің әсері зерттелген.

1-3 кестелердегі деректерден қарастырылып отырған өзара әрекетке 14 зат қатысатындығы көрінеді: (P , SiO_2 , H_3PO_4 , $H_2(g)$, $PH_3(g)$, $H_2O(g)$, $P_4O_{10}(g)$, $P_2O_3(g)$, $P_2O_5(g)$, $SiP(g)$, $SiO(g)$, SiH_4 , $SiH(g)$). Сонымен қатар P , SiO_2 , $H_2(g)$, H_3PO_4 және $PH_3(g)$ негізгі заттар болып табылады.

Негізгі компоненттердің тепе-теңдік үлестірімінің сандық көрсеткіштері 1 кестеде және 1 суретте келтірілген. Қарастырылып отырған жүйенің негізгі қосылыстарының өзара тепе-теңдік таралуы көрсетілген.

1 кесте. $P_4 \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$ жүйесінің негізгі қосылыстарының тепе-теңдік сандық таралуы

п	Кіріс	кг	%	Шығыс	кг	%
T=283K						
1,0	P_4	124	61,36	P_4	116,195	57,52
		60,084	29,73	SiO_2	60,00	29,70
	H_2O	18,015	8,91	H_3PO_4	24,5	12,13
				$PH_3(g)$	0,0762	0,038
				$H_2(g)$	1,25	0,62
	Барлығы	202,099	100		201,1945	100
T=343K						
п	Кіріс	Кг	%	Шығыс	кг	%
1,0	P_4	124	61,36	P_4	116,00	57,43
	SiO_2	60,084	29,73	SiO_2	60,00	29,70
	H_2O	18,015	8,91	H_3PO_4	24,5	12,13
				$PH_3(g)$	0,112	0,056
				$H_2(g)$	1,25	0,62
	Барлығы	202,099	100		201,98	100

1-кестенің жалғасы

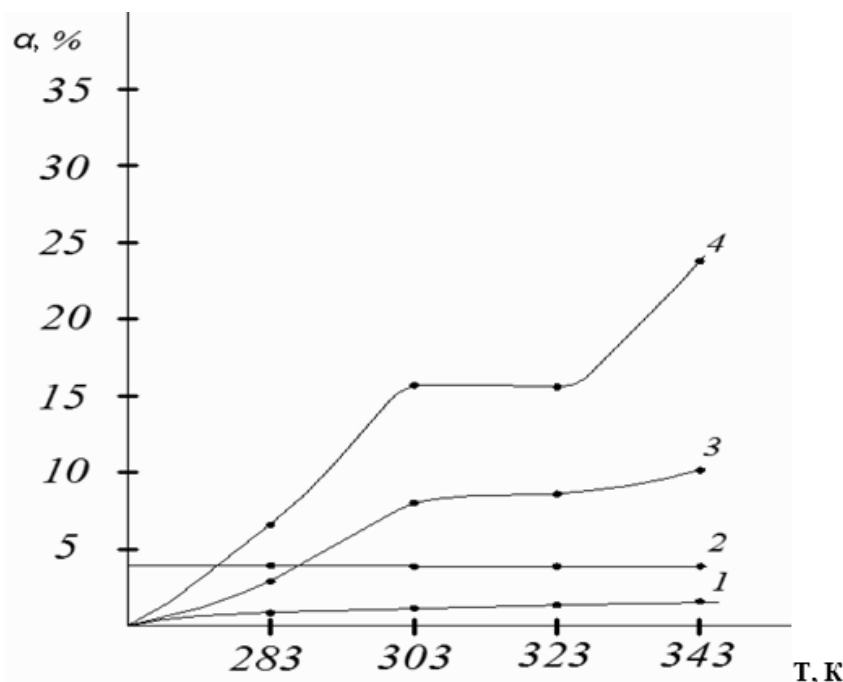
п	Кіріс	кг	%	Шығыс	кг	%
T=323K						
0,5	P_4	124	64,42	P_4	120,082	62,22
	SiO_2	60,084	31,1	SiO_2	60,00	31,09
	H_2O	9,0075	4,67	H_3PO_4	12,239	6,34
				$PH_3(g)$	0,053	0,02
				$H_2(g)$	0,626	0,324
	Барлығы	202,099	100		193	100

T=343K						
1,5	P ₄	124	58,73,42	P ₄	112,289	53,203
	SiO ₂	60,084	28,42	SiO ₂	60,00	28,44
	H ₂ O	27,022	12,9	H ₃ PO ₄	36,717	17,40
				PH ₃ (r)	0,172	0,08
				H ₂ (r)	1,878	0,89
	Барлығы	202,099	100		211,056	100

Жұмыс қоспасының стехиометриялық құрамымен, фосфордың кремний диоксидімен бөліну процесінің температурасына байланысты, H₃PO₄ көшу дәрежесі 6,2475% құрайды және іс жүзінде температураның 343K дейін жоғарылауымен өзгермейді. Фосфордың PH₃ өту дәрежесі шамалы ғана 0,038% -дан 0,056% дейін артады.

Су құрамының 0,5 мольге дейін азаюымен H₃PO₄ фосфордың өту деңгейі 9,1% дейін, ал PH₃ 0,41% дейін төмендейді. Фосфордың тепе-теңдік таралуын есептеу кезінде 293K фосфорында H₃PO₄ 6,23%, PH₃ 0,66% және 81,10% реакцияланбаған фосфор 81,1% болып қалады. Температураның 343K дейін ұлғаюымен PH₃ фосфордың өту деңгейі 0,924% дейін артады.

Оттегінің 1,5 моль мөлшеріне дейін артуымен жүйе H₃PO₄ фосфордың өту дәрежесін 9,34% дейін, ал PH₃ 1,42% дейін жоғарылайды.



1-сурет. P₄-SiO₂-nH₂O жүйесіндегі негізгі элементтер мен қосылыстардың өту дәрежесінің (α) температураға тәуелділігі: 1- P→PH₃; 2- P→ SiO₂; 3 - P→ H₃PO₄; 4 - P→ H₂г.

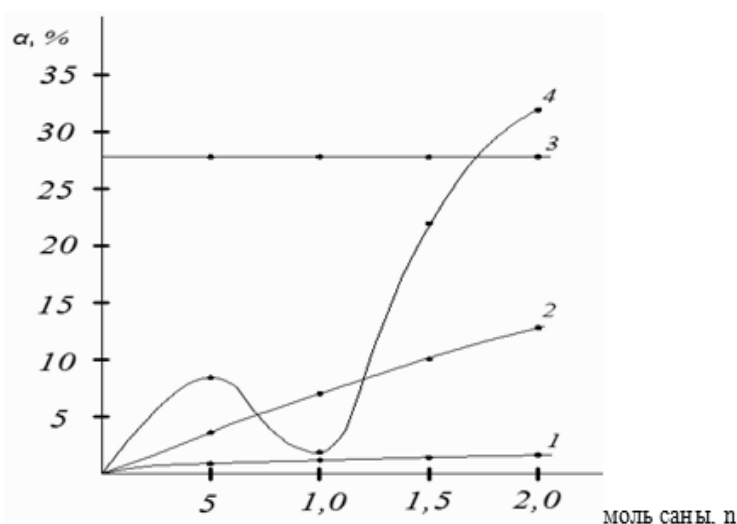
P₄-SiO₂-nH₂O жүйесіндегі элементтер мен қосылыстардың таралу дәрежесінің температураға тәуелділігінен келесі қосылыстар түзілді: PH₃, H₃PO₄, H₂, SiO₂. Жүйенің жалпы заңдылықтары осы қосылыстардың SiO₂ қоспағанда температураның қалыптасуының едәуір ұлғаюы болып табылады. 283K H₂ көрсеткіші 6,24%, ал 343 K ол 25,3% көтеріледі. 283-343K температуралық диапазонында фосфордың H₃PO₄ өту дәрежесі 4,2-10,8%. Сол сияқты, фосфордың PH₃ өту дәрежесі 2,3 -2,8% жетеді.

P₄-CaO·SiO₂-nH₂O жүйесі. Зерттелген P₄-CaO SiO₂-nH₂O зерттелген температура диапазонында 283-тен 343K дейін 22 элемент пен қосылыстың өзара әрекеттесуімен сипатталады; Ca(OH)₂ Ca₃(PO₄)₂, SiH₄ (г), PH₃ (г), H₂ (г), SiO₂, H₃PO₄, P₄O₁₀ (г), P₂O₃ (г) т.б.

2 кестеде және 2 суретте судың моль санының 0,5-тен 2,0-ге дейін өзгерткен кезде, T =283-343K температуралық диапазондағы заттардың өзара әрекеттесуі туралы сандық деректер келтірілген.

2 кесте. $P_4\text{-CaO}\cdot\text{SiO}_2\text{-}n\text{H}_2\text{O}$ жүйесінің негізгі қосылыстарының сандық есептелген деректері

n	Кіріс	кг	%	Шығыс	кг	%
1	2	3	4	5	6	7
1,0	P_4	124	48,03	P_4	95,619	37,03
	$\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	116,164	44,99	$\text{Ca}(\text{OH})_2\cdot\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	109	42,22
	H_2O	18,015	6,98	SiO_2	45,017	14,44
				$\text{H}_2(\text{r})$	0,503	0,19
				$\text{SiH}_4(\text{r})$	8,009	3,10
				$\text{PH}_3(\text{r})$	0,031	0,01
	Барлығы	202,099	100		258,179	100
T=283K						
1,5	P_4	124	46,41	P_4	108,516	40,61
	$\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	116,164	43,48	$\text{Ca}(\text{OH})_2\cdot\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	95,935	35,91
	H_2O	27,022	10,11	SiO_2	60	22,46
				$\text{H}_2(\text{r})$	2,503	0,94
				$\text{SiH}_4(\text{r})$	0,232	0,09
				$\text{PH}_3(\text{r})$	0,021	0,007
	Барлығы	267,186	100		267,186	100
T=343K						
2,0	P_4	124	44,89	P_4	104,54	37,86
	$\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$	116,164	42,06	$\text{Ca}(\text{OH})_2\cdot\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	95,935	34,73
	H_2O	36,03	13,04	SiO_2	60	21,72
				$\text{H}_2(\text{r})$	12,3	4,46
				$\text{SiH}_4(\text{r})$	3,131	1,13
				$\text{PH}_3(\text{r})$	0,29	0,10
	Барлығы	276,194	100		276,194	100



2-сурет. $P_4\text{-CaO}\cdot\text{SiO}_2\text{-}n\text{H}_2\text{O}$ жүйесіндегі негізгі қосылыстардың өту дәрежесінің (α) судың моль $n(\text{H}_2\text{O})$ санына тәуелділігі 1- $P\rightarrow\text{PH}_3$; 2- $P\rightarrow\text{SiH}_4$; 3 - $P\rightarrow\text{SiO}_2$; 4 - $P\rightarrow\text{Ca}(\text{OH})_2\cdot\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; 5 - $P\rightarrow\text{H}_2\text{r}$.

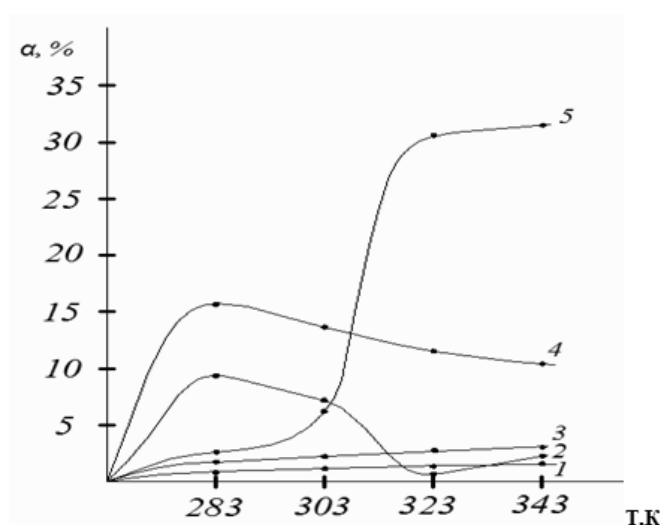
$P_4\text{-CaO}\cdot\text{SiO}_2\text{-}n\text{H}_2\text{O}$ жүйесіндегі элементтер мен қосылыстардың таралу дәрежесінің температураға тәуелділігінде келесі қосылыстар түзіледі: PH_3 , SiH_4 , SiO_2 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, $\text{H}_2(\text{r})$. Судың мөлшері $n = 1$ кезінде температураға тәуелді максималды 30-31,8% $\text{H}_2(\text{r})$ түзіледі. Төмен температурада (T=283K) $\text{Ca}(\text{OH})_2\cdot\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ қосылыстардың 15,2% пайда болу мүмкіндігі бар. Температура жоғарылаған кезде, бұл қосылыс 10,5% төмендейді. Фосфордың PH_3 өтуімен SiH_4 құралуы жалпы ұқсас

болғандықтан температураға тәуелділігі барысында 2,8-3,0% жетеді.

P_4 - $CaO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot nH_2O$ жүйесі. 383-343K зерттелген температура диапазонында 24 қосылыс өзара әрекеттесуге қатысады. 283-343K температуралық диапазонында кальций алюмосиликаттары мен фосфор суспензиясынан фосфорды бөлу процесінің негізгі қосылыстары P , H_3PO_4 , PH_3 , $H_2(g)$ болып табылады, сандық құрамы 3 кестеде және 3 суретте көрсетілген.

3-кесте. **P_4 - $CaO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot nH_2O$ жүйесінде негізгі қосылыстардың тепе-теңдік сандық таралуы**

n	Кіріс	Кг	%	Шығыс	кг	%
1	2	3	4	5	6	7
1,0	P_4	124	34,43	P_4	116,186	32,26
	$CaO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3$	218,125	60,56	$CaO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3$	218,125	60,57
	H_2O	18,015	5,0	H_3PO_4	24,4	6,78
				$H_2(g)$	1,25	0,35
				$PH_3(g)$	0,11	0,031
	Барлығы	360,14	100		360,14	100
0,5	P_4	124	35,31	P_4	120,098	31,21
	$CaO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3$	218,125	62,12	$CaO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3$	218,125	62,13
	H_2O	9,007	2,56	H_3PO_4	12,2	3,48
				$H_2(g)$	0,62	0,17
				$PH_3(g)$	0,05	0,015
					0,021	0,006
	Барлығы	351,132	100		3510,132	100
1,5	P_4	124	33,57	P_4	112,28	
	$CaO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3$	218,125	59,05	$CaO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3$	218,125	
	H_2O	27,22	7,36	H_3PO_4	36,7	
				$H_2(g)$	1,87	
				$PH_3(g)$	0,17	
	Барлығы	369,345	100		369,345	100
2,0	P_4	124	32,79	P_4	108,37	
	$CaO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3$	218,125	57,68	$CaO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3$	218,125	
	H_2O	36,03	9,52	H_3PO_4	48,9	
				$PH_3(g)$	0,23	
				$H_2(g)$	2,5	
	Барлығы	378,155	100		378,155	100



3-сурет. P_4 - $CaO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3 \cdot nH_2O$ жүйесіндегі негізгі қосылыстардың өту дәрежесінің (α) судың моль $n(H_2O)$ санына тәуелділігі 1- $P \rightarrow PH_3$; 2- $P \rightarrow H_3PO_4$; 3 - $CaO \cdot SiO_2 \cdot Al_2O_3$; 4 - $P \rightarrow H_2$.

$P_4\text{-CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot n\text{H}_2\text{O}$ жүйесіндегі талдау $n=0,5$ және $2,0$ аралығында жүргізілді. Судың моль санының көрсеткіштерінің $n=0,5-2$ аралығында зерттелетін жүйенің элементтері мен қосылыстарының таралу дәрежесінің графикалық тәуелділіктері - PH_3 , H_2 , PO_4 , $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, $\text{H}_2(\text{r})$ сияқты қосылыстардың пайда болу мүмкіндігін көрсетті. $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ дәрежесінің түзілу дәрежесі барлық дәрежеде n тұрақты және ол 27% құрайды. Фосфордың H_3PO_4 өту дәрежесі n H_2O құрамының өсуімен артып, $n = 2,0$ кезінде 13,5% жетеді. H_2S өсу дәрежесі $n = 2,0$ кезінде максималды 33% -ға артады.

Осылайша, вермикулит пен бентонит балшықтарына сәйкес келетін силикатты, алюмосиликат және алюмосиликокальций қосылыстары арқылы фосфор шламдарынан фосфорды бөлуге тән жүйелердің термодинамикалық модельденуі келесі заңдылықтарды көрсетті:

- H_3PO_4 -нің молекулаларының саны H_2O молекулаларының саны 0,5-тен 2,0-ге дейін, сондай-ақ PH_3 (г) 0,23-1,0, H_2 (г) 0,5-3, 13 кг артуына орай барлық зерттеуші жүйелер үшін ортақ заңдылық;

- $P_4\text{-SiO}_2\cdot n\text{H}_2\text{O}$, $P_4\text{-CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{Al}_2\text{O}_3\cdot n\text{H}_2\text{O}$ жүйелерінің зерттелген нәтижелерге байланысты келесі термодинамикалық заңдылықтар анықталды. Жалпы үлгісі фосфор қышқылының және фосфиннің пайда болу мүмкіндігін көрсетеді. Осы жүйелердегі су молекулаларының санын 0,5-тен 2,0-ге дейін ұлғайту кезінде, H_3PO_4 -ге фосфордың өту дәрежесі 6,78% -дан 29,70% -ға дейін айтарлықтай артады.

Алынған заңдылықтар келешекте қарастырылып отырған процесс үшін кинетикалық зерттеулермен сорбенттердің сіңіру механизмін анықтағанда қолданыс табады.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Тлеуов А.С. «Использование алюмосиликатных сорбентов для извлечения фосфора из фосфорсодержащих шламов». Отчет о научно-исследовательской работе. 06/28 ГФ4 ЮГУ им. М.Ауэзова Шымкент 2015г.
- [2] Назарбек У.Б., Бестереков У., Петропавловский И.А., Назарбекова С.П., Почиталкина И.А. Основы технологии и оптимальные режимные показатели процесса кислотного разложения фосфорного шлама. /6-ая Международная Научная конференция European Conference on Innovations in Technical and Natural Sciences. Вена, Австрия, 2015г., С. 114-123
- [3] Баймаханова А.К., Тлеуова С.Т., Исаева Д.А. Алтыбаев Ж.М. Исследования термодинамических закономерностей сорбции фосфорсодержащих отходов с использованием вермикулита Вестник KBTU ISSN 1998-6688 Volume 136 Issue 2,3 September 2016.
- [4] Kvasnyuk A. V., Koltsova E. M., Sandu R. A., Bessarabov A. M. Cals-technology of flexible prodction for phosphoric sludge utilization. Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Seriya khimiya i khimicheskaya tekhnologiya. 2012, vol. 55 issue 8, p57-62. 6p.
- [5] Smith, J.M. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics. – McGraw Hill, 2005. – ISBN 0-07-310445-0.
- [6] Soni , V.K., Sharma, P. R., Choudhary, G., Pandey, S., Sharma, R.K. , **A brief history of phosphorus: From the philosopher's stone to nutrient recovery and reuse.** ACS Sustainable Chem. Eng., 2017, 5 (6), pp 5351–5359.
- [7] Tleuov A.S., Tleuova S.T., Altybayev Zh.M., Suigenbayeva A.Zh. Studies of Acid Activation and Thermodynamic Characteristics of Aluminosilicates in Sorption Process of Phosphorus Release from Sludges. ORIENTAL JOURNAL OF CHEMISTRY ISSN: 0970-020 X CODEN: OJCHEG 2016, Vol. 32, No. (5): Pg. 2577-2584.
- [8] Tleuov A. S., Lavrov B.A., Tleuova S.T., Userbayeva B. The adsorptive characteristics of Lenger refractory clays for sorbent preparation IV International Conference «Industrial Technologies and Engineering» ICITE – 2017, M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan, October 26-32c, 2017.
- [9] Тлеуов А.С., Арыстанова С.Д., Тлеуова С.Т., Назарбек У.Б., Улбекова М.М. Математическое моделирование процесса получения сорбентов для выделения фосфора из шламов Вестник КазНУ №1 (125) алматы 2018 январь, -387-393с.

Тлеуов А.С., Арыстанова С.Д., Тлеуова С.Т., Назарбек У.Б., Курбанбаева С.Н., Улбекова М.М.

Термодинамическое моделирование выделения фосфора из фосфорных шламов с использованием алюмосиликатных сорбентов

Резюме. В статье изучены термодинамические закономерности процесса выделения чистого фосфора из фосфорных шламов с использованием алюмосиликатных сорбентов. Термодинамические исследования проводились в рамках современной программы HSC-5.1. В результате исследований установлено равновесное распределение элементов и соединений между участниками реакции в рабочих системах. Изучено влияние мольного числа воды и температуры на степень перехода фосфора в другие соединения.

Ключевые слова: сорбент, алюмосиликаты, термодинамика, сорбция, фосфорный шлам, энергия Гиббса.

Tleuov A.S., Arystanova S.D., Tleuova S.T., Nazarbek U.B., Kurbanbayeva S.N., Ulbekova M.M.

Thermodynamic modeling of phosphorus separation from phosphoric slimes with using aluminosilicate sorbents

Summary. The thermodynamic regularities of process of pure phosphorus separation from phosphoric slimes with using aluminosilicate sorbents are studied in the article. Thermodynamic researches were conducted within the modern program HSC-5.1. The equilibrium distribution of elements and compounds between participants of reaction in working systems is established at the result of the research. The influence of molar number of water and temperature on extent of transition of phosphorus to other compounds is studied.

Key words: sorbent, aluminosilicates, thermodynamics, sorption, phosphoric slime, Gibss' energy.

МАЗМҰНЫ

Жер туралы ғылымдар

<i>Ақбасова А.Д., Саинова Г.Ә., Исаков О.Ә., Байхамурова М.О.</i> ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙЫНА ҚАТТЫ ТҰРМЫСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАР ПОЛИГОНДАРЫНЫҢ ӨСЕРІ.....	3
<i>Умарбекова З.Т.</i> АРҚАРЛЫ РУДАЛЫ ТОРАБЫНЫҢ ҚАЛЫПТАСУ ҚАЛЫПТАСУ КЕЗЕҢДЕРІ МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ.....	9
<i>Даиржанов А.Е.</i> ГИДРОГЕОЛОГИЯЛЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН НЕЙМАН ИНТЕРПОЛЯЦИЯСІ ӘДІСІМЕН ЕСЕПТЕУ.....	16
<i>Нурабаева Л.С.</i> ГЕОГРАФИЯЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕНІҢ КАРТА ЖАСАУДАҒЫ РОЛІ.....	21
<i>Кабиев Е., Берденов Ж.Г., Мусабоева М.Н., Мендыбаев Е.Х., Инкарова Ж.И.</i> ЖАЙЫК ЛАНДШАФТТЫҚ ТАЛДАУ САҒАСЫ.....	26

Техникалық ғылымдар

<i>Найзабаева Л., Нуржанов Ч., Pidlisnyuk V., Сатымбеков М.</i> БИОЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ӨСІМДІКТЕРДІҢ ӨНІМДІЛІГІН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛДЕУ (ШОЛУ).....	34
<i>Нурабаева Л.С.</i> ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БІЛІМ БЕРУДЕ ӨЛКЕТАНУДЫҢ АЛАТЫН ОРНЫ.....	40
<i>Салыкова О.С., Салыков Б.Р., Грязин Д.Г., Амандыкова А.Б., Бугубаева А.У.</i> ӨНДІРІСТІК ӨНІМДЕР САПАСЫНЫҢ КӨЗІ РЕТІНДЕ НОРМАТИВТІК ҚҰЖАТТАМАНЫ ТАЛДАУ.....	44
<i>Самигулина Г.А., Лукманова Ж.С.</i> SMART-ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНЫҢ КОГНИТИВНОЙ ҚЫЗМЕТТЕРДІҢ ТҰРҒЫН ҮЙЛЕСТІРІЛГІНІҢ ДӘСТҮРЛЕРІНІҢ ҚҰҚЫҚТАРЫНЫҢ ҚЫЗМЕТІНІҢ НЕГІЗГІ СИПАТТАМАСЫ.....	48
<i>Надилов К.С., Есентаева А.А., Садырбаева А.С., Нифонтов Ю.А., Надилов Р.К.</i> МҰНАЙ ҚҰБЫРЛАРЫН КОРРОЗИЯДАН ҚОРҒАУ ҮШІН ҮШ ҚАБАТТЫ ҚАПТАМА ҚҰРАМЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....	53
<i>Асқарұлы Қ., Манабаев Н. К.</i> АЛЮМИНИЙ НИТРИДІНІҢ КЕҢ АЙМАҚТЫ ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШІ МЕН ОНЫҢ НЕГІЗГІ СИПАТТАМАЛАРЫ.....	60
<i>Бликс А.А., Абдибаттаева М.М.</i> ТАУ-КЕН ӨНЕРКӘСІБІНДЕ ӨНДІРІСТІК ТӘУЕКЕЛДЕРДІ БАҒАЛАУ (САЯҚ КЕНІШІ МЫСАЛЫНДА).....	65
<i>Байботаева С.Е., Молдабаева Г.Ж.</i> ПАРАФИНДІ МҰНАЙЛАРДЫҢ СУМҰНАЙЛЫ ЭМУЛЬСИЯСЫН БҰЗУ ПРОЦЕСІНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ.....	71
<i>Воронова Н.В., Өмірхан Т.Х.</i> ҚАТТЫ-ТҰРМЫСТЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫҢ ӨНДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ МЕН АЛМАТЫ ОБЛЫСЫНДАҒЫ ТИІМДІЛІГІ.....	77
<i>Нуржанов Ч., Найзабаева Л., Pidlisnyuk V., Сатымбеков М.</i> ҚОРШАҒАН ОРТА ФАКТОРЛАРЫНА ҚАТЫСТЫ ӨСІМДІКТЕРДІҢ АУЫР МЕТАЛДАРДЫ БИОЛОГИЯЛЫҚ СІңІРУ КОЭФИЦИЕНТІНІҢ ӨЗГЕРГІШТІКТІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІ.....	83
<i>Машеков С. А., Смаилова Г. А., Түсіпқалиева Э. А., Бекбосынова Б. А.</i> ЖАҢА РАДИАЛДЫ-ЖЫЛЖУ ЖЕТЕГІНІҢ КОНФИГУРАЦИЯСЫН АНЫҚТАУ ТҮСТІ МЕТАЛДАРДАН ЖАСАЛҒАН ШЫБЫҚТАР МЕН ҚҰБЫРЛАРДЫ ПРЕСТЕУГЕ АРНАЛҒАН ЕЛ.....	87
<i>Еремін Д.И., Жаксыгулова Д.Г.</i> АЗАМАТТЫҚ МАҚСАТТАҒЫ ШАҒЫН ӨУЕ КЕМЕЛЕРІНІҢ ҰШУ ТРАЕКТОРИЯСЫН БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕСІ.....	94
<i>Ахмедов Д.Ш., Еремін Д.И., Жаксыгулова Д.Г.</i> ҒАРЫШТЫҚ БАЙЛАНЫС ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, МОРЕНА КӨЛДЕРІНІҢ КҮЙІН МОНИТОРИНГТЕУ ЖҮЙЕСІ.....	97

<i>Амиргалиев Е.Н., Шамиль-уулу Ш., Серек А., Калибек-уулу Б.</i>	
БЕЙНЕНІ ӨНДЕУГЕ АРНАЛҒАН МАШИНА ОҚЫТУ ӘДІСІН ҚОЛДАНУДЫҢ КЕЙБІР НӘТИЖЕЛЕРІ.....	101
<i>Досмухамедов Н.К., Жолдасбай Е.Е., Даулетбаков Т.С., Балгимбаева У.А., Курмансейтов М.Б., Молдабаева Г.Ж.</i>	
МАТЕРИАЛДАРДЫ ҚАЙТА ӨНДЕУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖЕТІЛДІРУ ЖОЛДАРЫ	106
<i>Третьяк А.</i>	
ҮШӨЛШЕМДІ ҮЛГІЛЕУ ӘДІСТЕРІМЕН ӨКШЕЛІК ТОРАБЫНЫҢ ІСТЕН ШЫҚҚАНҒА ДЕЙІНГІ АТҚАРЫМ УАҚЫТЫН АНЫҚТАУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	113
<i>Диханбаева Ф.Т., Жаксыбаева Э.Ж., Смаилова Ж.Ж., Кенбаева А.</i>	
ПРОБИОТИКАЛЫҚ АШЫТҚЫЛАРМЕН СҮТТІ ҰЙЫТУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ	119
<i>Хабай Анар, М.К Бактыбаев, Zhi Wang, Кембаева А.А</i>	
ОПТИКАЛЫҚ ТАЛШЫҚ НЕГІЗІНДЕ ТЕМПЕРАТУРА МЕН ЫЛҒАЛДЫҚТЫ БІРЛІКТЕ ӨЛШЕЙТІН ДАТЧИКТІ АНЫҚТАУ	122
<i>Дуаметұлы Б., Қалауов Б.П.</i>	
ЖАРЫҚ ТОЛҚЫНЫНЫҢ ТЫҒЫЗ ОРТАШЕКАРАСЫНАН ШАҒЫЛҒАН КЕЗДЕГІ ЖАРТЫ ТОЛҚЫН ЖОҒАЛУ ҚҰБЫЛЫСЫН ЗЕРТТЕУ	129
<i>Токтасынова Н., Сулейменов Б., Болеева Л.</i>	
АГЛОМЕРАЦИЯЛЫҚ КҮЙДІРУ КЕЗІНДЕ ҚАҚТАМ НҮКТЕСІН БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІН СИНТЕЗДЕУ ӘДІСТЕРІНІҢ ЗААМАНУИ ЖАҒДАЙЫ.....	133
<i>Тусупов Д.А., Абдикеримова Г.Б., Мурзин Ф.А.</i>	
МИКРОСУРЕТТІРДІ ТАЛДАУ ҮШІН ФРАКТАЛДЫ ӨЛШЕМДІ ҚОЛДАНУ	137
<i>Қумаргажанова С.К., Увалиева И.М., Талғатова Т.</i>	
НАН-ТОҚАШ ӨНІМДЕРІНІҢ САПАСЫН БАҒАЛАУДЫҢ ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУ	142
<i>Ахметов Б.С., Гнатюк С.А., Жмурко Т.А., Юбузова Х.И.</i>	
ТҮЗЕТУ КОДТАРЫН ҚОЛДАНУМЕН КВАНТТЫҚ ҚАУІПСІЗ БАЙЛАНЫСТЫҢ ДЕТЕРМИНИСТИКАЛЫҚ ХАТТАМАСЫНЫҢ ИМИТАЦИЯЛЫҚ ҮЛГІСІ	150
<i>Беркинбаева А.С., Сулеев Д.Қ.</i>	
БӘСЕНДЕТУШІ ҚОСПАЛАРДЫҢ БЕТІНЕ (PVD) НАНОҚҰРЫЛЫМДЫ ЖАМЫЛҒЫЛАРДЫ ФИЗИКА-МЕХАНИКАЛЫҚ ТӨСЕУДІҢ ӘДІСТЕРІ.....	159
<i>Беркинбаева А.С., Сулеев Д.Қ., Буришуква Г.А., Малгаждарова М.К</i>	
ТӨМЕНГІКӨМІРТЕКТІ БОЛАТТАРДЫҢ НАНОҚҰРЫЛЫМДЫ ЖАМЫЛҒЫМЕН ДЫБЫСТЫҚСӘУЛЕНУГЕ ТЕРМИЯЛЫҚ ӨНДЕУДІҢ ӘСЕРІ.....	164
<i>Бейсенби М.А., Сағымбай А.Б., Иманғалиев Ш.И.</i>	
ЕКІ ПАРАМЕТРЛІ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ ОРНЫҚТЫ БЕЙНЕЛЕР КЛАСЫНДА БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІН СИНТЕЗДЕУ	171
<i>Сейден А.Б.</i>	
ӨЗЕН КЕН ОРНЫНДА ҚАБАТТЫҢ ҚЫСЫМЫН САҚТАУ ҮШІН СУДЫ САПАЛЫ ДАЙЫНДАУ	177
<i>Хастаева А.Ж., Смагулов А.К., Нургалиева М.Т.</i>	
ГОЛШИН СИЫР ТҰҚЫМЫНЫҢ КӨКТЕМ МЕЗГІЛІНДЕГІ МАЙ ҚЫШҚЫЛ ҚҰРАМЫ.....	182
<i>Баймахан Р.Б., Баймахан А.Р., Сейнасинова А.А., Рысбаева Г.П., Оразхан Б.Б.</i>	
КӨЛБЕУ ҚАБАТТЫ БОЛЫП КЕЛЕТІН ТӨСЕНІШ ТОПЫРАҚТЫҢ ҮЙДІҢ ІРГЕТАСЫНЫҢ ДЕФОРМАЦИЯЛАНУ ШАМАСЫНА ӘСЕРІН БАҒАЛАУ	187
<i>Омарова А.Б., Байхожаева Б.У., Төлемісова Ж.К., Зетбек Г.С.</i>	
ПРОБИОТИКАЛЫҚ ӨНІМДЕР ӨНДІРУ МАҚСАТЫНДА АС ҚОРЫТУ ЖҮЙЕСІНІҢ ТАБИҒИ ТЕЖЕГІШТЕРІНЕ СҮТҚЫШҚЫЛДЫ БАКТЕРИЯЛАРДЫҢ ТӨЗІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ	193
<i>Әбдікәрімова Ш.Т.</i>	
ҰЛЫ ЖІБЕК ЖОЛЫНДА КЕРУЕН-САРАЙЛАРЫ СӘУЛЕТІНІҢ ДАМУЫ.....	197
<i>Джанқуразов Б.О., Джанқуразов К.Б., Жалелов Д.Б., Джанқуразов А.К.</i>	
АСТЫҚ ҮЙІНДІСІН ҚОЙМАЛАРДА САҚТАУ БАРЫСЫНДАҒЫ ӨЗГЕРІСТЕРІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ	202
<i>Мохаммад И., Шафикулла АТайфебулла З., Аскарбеков Э.</i>	
ТЫҢАЙТҚЫШТАР МЕН ЕСЕПНӨРДІҢ САРЫМСАҚТЫҢ ӨСУІ МЕН ӨНІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ	207
<i>Джанқуразов Б.О., Джанқуразов К.Б., Жалелов Д.Б., Джанқуразов А.К.</i>	
ЭЛЕВАТОРЛАРДАҒЫ АСТЫҚ ҮЙІНДІСІНДЕГІ ЖЕЛДЕТКЕН АУАНЫҢ СҮЗІЛУ БАРЫСЫНДАҒЫ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ МЕН ТАҒАМ ҚАУІПСІЗДІГІН ЗЕРТТЕУ	210
<i>Нурахмет Б.Ж., Калкозова Ж.К., Абдуллин Х.А.</i>	
ГИДРОТЕРМАЛДЫ ӘДІСПЕН ЖҰҚА ZNO ПЛЕНКАЛАРЫН АЛУ ПРОЦЕСТЕРІН ОПТИМИЗАЦИЯЛАУ	214

<i>Машеков С.А., Киянбекова Л.Р., Машекова А.С., Тусупкалиева Э.А.</i>	
ҚАЛЫПТЫҚ ӨБЗЕЛДЕГІ АЗОТТАЛҒАН ҚАБАТТЫҢ ТРИБОТЕХНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТКЕ ӘСЕРІ.....	219
<i>Еремін Д.И., Жаксыгулова Д.Г., Трепашко С.</i>	
БҰЛТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП, РЕФЕРЕНЦТІ GNSS СТАНЦИЯЛАРДЫҢ ЖЕЛІЛІК ИНФРАҚҰРЫЛЫМДАРЫН БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ЗЕРТТЕУ	226
<i>Ахмедов Д.Ш., Еремін Д.И., Жаксыгулова Д.Г., Трепашко С.</i>	
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА ХАЛЫҚАРАЛЫҚ КӨЛІКТІК ТРАНЗИТТІК ДӘЛІЗДЕРІН БАСҚАРУ	233
<i>Машеков С. А., Нугман Е. З., Мұстафа А. Қ., Төлебаев А.С., Бекбосынова Б. А.</i>	
ЖОБАЛАУ РАДИАЛДЫ-СДВИГОВОГО ОРНАҚТЫ ЖАҢА КОНСТРУКЦИЯЛАРЫ МЕН БЕРІКТІГІН ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЖҰМЫС КЛЕТТЕРІ.	238
<i>Алимбаев Ч.А., Ожикенов К.А., Ожикенова А.К., Алимбаева Ж.А., Баянбай Н.</i>	
ЭЛЕКТРЛІК КАРДИОСИГНАЛЫН АЛДЫН АЛА КЕДЕРГІГЕ ҚАРСЫ ӨНДЕУ.	245
<i>Калдыбекова Ж.Б., Сырманова К.К., Мусаева С.А., Тасполтаева А.Р., Хамитова Б.М.</i>	
ОҢТҮСТІК Өңірінің жағдайында жемістер мен көкөністерді сақтау әдістерін оңтайландыру	251
<i>Ахметова Г.Е., Ахмедова Т.Ш., Вяткина А.К., Смагулов Д.Ұ., Қудря А.В.</i>	
ҚҰБЫРЛЫ БОЛАТТАРДЫҢ САПАСЫН БАҚЫЛАУ ҮШІН ҚҰРЫЛЫМДАРДАҒЫ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ АЙЫРМАШЫЛЫҚТАРДЫ ӨЛШЕУ	255
<i>Тулентаева Г.С., Меирбекова О.Д.</i>	
IP-ТЕЛЕФОНИЯ ЖҰМЫСЫНЫҢ РЕЖИМІН ЗЕРТТЕУ.....	261
<i>Есмаганбетова А.Б., Даутканова Д.Р., Дүйсенбекова О.О., Смагулова Н.К.</i>	
ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ САЛАСЫН СТАНДАРТТАУ ЖҮЙЕСІН ЖЕТІЛДІРУ	265
<i>Қазиев Ғ.З., Таурбекова А.Ә.</i>	
МИКРОПРОЦЕССОР ЖҮЙЕСІНДЕ БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ПАКЕТТЕРДІ ТАРАТУ ӘДІСТЕРІ.....	269
<i>Қалыбеков Т., Рысбеков К.Б., Сәндібеков М.Н.</i>	
ЖЕРЛЕРДІ ҚАЙТА ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ АШЫҚ ТАУ-КЕН ЖҰМЫСТАРЫМЕН.....	273
<i>Генбач А.А., Шоколаков К.К.</i>	
ГАЗ(БУ)-МЕХАНИКАЛЫҚ ЖОҒАРҒЫ КАПИЛЛЯРЛЫ-КЕУЕКТІ КӨБІК ГЕНЕРАТОРЫНЫҢ ЗЕРТТЕУІ ЖӘНЕ ЕСЕБІ.....	279

Физика-математика ғылымдары

<i>Абдуллин Х.А., Гриценко Л.В., Кумеков С.Е., Саитова Н.К., Теруков Е.И.</i>	
ТЕРМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ПЛАЗМАЛЫҚ ӨНДЕУДІҢ ZNO ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯСЫНЫҢ ӨШҮ КИНЕТИКАСЫНА ӘСЕРІ.....	284
<i>Амиргалиев Е.Н., Кунелбаев М., Амиргалиев Б.Е., Козбакова А.Х., Иржанова А.А.</i>	
ЖАЗЫҚ ГЕЛИОКОЛЛЕКТОРДАҒЫ ЖЫЛУ ЖОҒАЛТУ МЕН ЖЫЛУ ТАСЫМАЛДАУЫШ КОЭФИЦИЕНТІН АНЫҚТАУ	289
<i>Оразбаев Б.Б., Имангазиева Г.Б., Оразбаева К.Н., Курмаенгазиева Л.Т.</i>	
БКҚ ОПТИМАЛДЫ БАСҚАРУ ЕСЕПТЕРІ ЖӘНЕ ОНЫ ШЕШУ АЛГОРИТМДЕРІ.....	296
<i>Кашаганова Г.Б., Калижанова А.У., Амиргалиева С.Н., Ахметов С.С., Айтқұлов Ж.С.</i>	
ТАЛШЫҚТЫ БРЭГТ ТОРЛАРЫН ДАЙЫНДАУДЫҢ ЗАМАНАУИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ МЕН ОЛАРДЫҢ НЕГІЗГІ ПАРАМЕТРЛЕРІ.....	302
<i>Жақыпқызы Т., Бектібай Б.Ж., Шортанбаева Ж.К.</i>	
LEAN-ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ АРТЫҚШЫЛЫҚТАРЫ.....	309
<i>Калимолдаев М.Н., Қуспанова К.</i>	
КӨПТІЛДІ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ МЫСАЛЫНДА СҮЗУ МӘСЕЛЕСІНІҢ ШЕШІМІ.....	315
<i>Боранбаев А.С., Боранбаев С.Н., Нурушева Ә.М.</i>	
ЭКОНОМИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҢАРУДЫ МОДЕЛЬДЕУ КЕЗІНДЕ АКТИВТЕРДІ ОҢТАЙЛЫ АУЫСТЫРУ	324
<i>Боранбаев С.Н., Нурушева Ә.М.</i>	
АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ СЕНІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ӘДІСТЕРІ ЖӘНЕ ҚАЗАҚСТАННЫҢ ҒАЛАМДЫҚ КИБЕРҚАУІПСІЗДІК ИНДЕКСІН ЗЕРТТЕУ	330
<i>Мұстафин М.А.</i>	
БІРДІҢ СИНУСТЫҢ СИСТЕМАСЫ РИССТЫҢ БАЗИСЫ.....	336
<i>Алексеева Л.А., Дадаева А.Н., Айнакеева Н.Ж.</i>	
ТЕРМОСЕРПІМДІ ТҮТІКШЕЛЕР ДИНАМИКАСЫ ТЕНДЕУЛЕРІНІҢ ІРГЕЛІ ШЕШІМДЕРІ.....	337

<i>Бесбаева М.</i>	
ШТУРМ-ЛИУВИЛЛЬ ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕБІНІҢ МЕНШІКТІ САН АНЫҚТАМАСЫ.....	345
<i>Абдылдаев Э.К., Зәуірбеков Н.С., Молдошев Р.А., Зәуірбекова Н.Д., Уйпалакова Д.М.</i>	
АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕ ҮЛГІСІН ІСКЕ АСЫРУ ҚҰРАЛЫ " ИЛГІШ-ПЛАСТИКАЛЫҚ ОРТАНЫҢ.	349
<i>Албанбай Н., Тайсариева К. Н., Медетов Б. Ж., Сейдалиева У. О.</i>	
ДИНАМИКАСЫ ЖҮЙЕСІН ТҰРАТЫҢ, ТЕК ТЕЖЕУ КЕЛТІРЕТІН ҮЛГІДЕГІ НЕЙРОНДЫҚ ФИТЦХЬЮ-НАГУМО.....	356
<i>Жантурина Н.</i>	
TDS АНАЛИЗАТОР АРҚЫЛЫ СУДАҒЫ ЕРІТІЛГЕН ЗАТТАР МӨЛШЕРІН АНЫҚТАУ ЖӘНЕ СУДЫ ТАЗАРТУДЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРІ.....	361

Химия-металлургия ғылымдары

<i>Кенжәлиев Б.К., Есімова Д.М., Суркова Т.Ю., Аманжолова Л.У., Акчулақова С.Т.</i>	
СИРЕККЕЗДЕСЕТІН ЭЛЕМЕНТТЕРДІ БӨЛІП АЛУ ҮШІН ӨНІМДІ ЕРІТІНДІЛЕРДІ ДАЙЫНДАУ.....	367
<i>Каршигина З.Б., Әбішева З.С., Бочевская Е.Г., Кан С.М., Бейсенбиева Ұ.Ж.</i>	
ҚАЗАҚСТАН ТАБИҒИ ТҰЗДЫ ЕРІТІНДІЛЕРДЕН ЛИТИЙДІ АЛУДЫҢ ЭКСТРАКЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІН СЫНАҚТАН ӨТКІЗУІ.....	374
<i>Калдыбекова Ж.Б., Сырманова К.К., Хамитова Б.М., Мусаева С.А., Тасполтаева А.Р.</i>	
ӨСІМДІК МАЙЛАРЫНЫҢ АДСОРБЦИЯЛЫҚ РАФИНАЦИЯСЫ.....	384
<i>Уалиханов Р.Е., Гриценко Л.В., Абдуллин Х.А.</i>	
АЛЮМИНИЙМЕН ҚОСПАЛАНҒАН МЫРЫШ ОКСИДІНІҢ ЖҰҚА ҚАБАТТАРЫНЫҢ АЗ ШАҒЫНДЫ СИНТЕЗІ.....	389
<i>Досмухамедов Н.К., Федоров А.Н., Жолдасбай Е.Е., Курмансейтов М.Б., Ахмеджан Ж.С.</i>	
ШЛАК БАЛҚЫМАЛАРЫ $\text{Cu}_2\text{O}-\text{FeO}_x-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ ЖҮЙЕСІНІҢ ФАЗАЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ...	393
<i>Каумбаев С.А., Бадавамова Г.Л.</i>	
ТАҒАМ ҚҰРАМЫНДАҒЫ АУЫР МЕТАЛДАРДЫ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ.....	399
<i>Кәлдеев Е.И., Бондаренко И.В., Орынбеков Е.С., Нұрлыбаев Р.Е., Темірова С.С.*</i>	
БЕЛСЕНДІРІЛГЕН ДИАТОМИТТІ ҚҰРҒАҚ ҚҰРЫЛЫС ҚОСПАЛАРЫНДА ҚОЛДАНУ.....	404
<i>Тілеуов Ә.С., Арыстанова С.Д., Тілеуова С.Т., Назарбек Ұ.Б., Кұрбанбаева С.Н., Ұлбекова М.М.</i>	
ФОСФОР ШЛАМЫНАН АЛЮМОСИЛИКАТТЫ СОРБЕНТТЕРДІ ҚОЛДАНЫП ФОСФОРДЫ БӨЛІП АЛУ ПРОЦЕСІН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ.....	408

СОДЕРЖАНИЕ

Науки о Земле

<i>Акбасова А.Д., Саинова Г.А., Исаков О.А., Байхамурова М.О.</i> ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ НА ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	3
<i>Умарбекова З.Т.</i> ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ АРХАРЛИНСКОГО РУДНОГО УЗЛА.....	9
<i>Даиржанов А.Е.</i> РАСЧЕТ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДОМ ИНТЕРПОЛЯЦИИ НЕЙМАНА.....	16
<i>Нурабаева Л.С.</i> РОЛЬ ГИС В СОСТАВЛЕНИИ КАРТ.....	21
<i>Кабиев Е., Берденов Ж.Г., Мусабаева М.Н., Мендыбаев Е.Х., Инкарова Ж.И.</i> ЛАНДШАФТНЫЙ АНАЛИЗ ДЕЛЬТЫ РЕКИ ЖАЙЫК.....	26

Технические науки

<i>Найзабаева Л., Нуржанов Ч., Pidlisnyuk V., Сатымбеков М.</i> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОДУКТИВНОСТИ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ (обзор).....	34
<i>Нурабаева Л.С.</i> РОЛЬ КРАЕВЕДЕНИЯ В ЭКОЛОГИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ.....	40
<i>Салыкова О.С., Салыков Б.Р., Грязин Д.Г., Амандыкова А.Б., Бугубаева А.У.</i> АНАЛИЗ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ КАК ИСТОЧНИК КАЧЕСТВА ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ.....	44
<i>Самигулина Г.А., Лукманова Ж.С.</i> РАЗРАБОТКА КОГНИТИВНОЙ SMART – ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМ СПЕЦИАЛЬНОСТЯМ ЛЮДЕЙ С ОСЛАБЛЕННЫМ ЗРЕНИЕМ	48
<i>Надиров К.С., Есентаева А.А., Садырбаева А.С., Нифонтов Ю.А., Надиров Р.К.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВОВ ТРЕХСЛОЙНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ НЕФТЕПРОВОДОВ ОТ КОРРОЗИИ.....	53
<i>Асқарұлы Қ., Манабаев Н.К.</i> ШИРОКОЗОННЫЙ ПОЛУПРОВОДНИК НИТРИД АЛЮМИНИЯ И ЕГО ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ.....	60
<i>Бликс А.А., Абдибаттаева М.М.</i> ОЦЕНКА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ РИСКОВ НА ГОРНОДОБЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ (НА ПРИМЕРЕ САЯКСКОГО РУДНИКА).....	65
<i>Байботаева С.Е., Молдабаева Г.Ж.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РАЗРУШЕНИЯ ВОДОНЕФТЯНЫХ ЭМУЛЬСИЙ ПАРАФИНИСТЫХ НЕФТЕЙ.....	71
<i>Воронова Н.В., Өмірхан Т.Х.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В Г. АЛМАТЫ И АЛМАТИНСКОЙ ОБЛАСТИ.....	77
<i>Нуржанов Ч., Найзабаева Л., Pidlisnyuk V., Сатымбеков М.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ИЗМЕНЧИВОСТИ КОЭФФИЦИЕНТА БИОЛОГИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ РАСТЕНИЕМ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФАКТОРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....	83
<i>Машеков С.А., Смаилова Г.А., Тусупкалиева Э.А., Бекбосынова Б.А.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНФИГУРАЦИИ ПРИВОДА НОВОГО РАДИАЛЬНО-СДВИГОВОГО СТАНА ДЛЯ ПРЕССОВАНИЯ ПРУТКОВ И ТРУБ ИЗ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	87
<i>Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г.</i> СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТРАЕКТОРИИ ПОЛЕТА МАЛЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	94
<i>Ахмедов Д.Ш., Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г.</i> СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ МОРЕННЫХ ОЗЕР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ.....	97

Амиргалиев Е.Н., Шамиль-уулу Ш., Серек А., Калибек-уулу Б. НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ.....	101
Досмухамедов Н.К., Жолдасбай Е.Е., Даулетбаков Т.С., Балгимбаева У.А., Курмансейтов М.Б., Молдабаева Г.Ж. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ПОЛУПРОДУКТОВ И ОБОРОТНЫХ МАТЕРИАЛОВ СВИНЦОВОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	106
Третьяк А. ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ НАРАБОТКИ НА ОТКАЗ УЗЛА ПОДПЯТНИКА МЕТОДАМИ ТРЕХМЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	113
Диханбаева Ф.Т., Жаксыбаева Э.Ж., Смаилова Ж.Ж., Кенбаева А. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СКВАШИВАНИЯ МОЛОКА С ПРОБИОТИЧЕСКИМИ ЗАКВАСКАМИ.....	119
Хабай Анар, Чжи Ван, Бактыбаев М.К., Кембаева А.А. ДАТЧИК ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ НА ОСНОВЕ ОПТИЧЕСКОГО ВОЛОКНА.....	122
Дуаметұлы Б., Калауов Б.П. ИССЛЕДОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ПОЛУВОЛНОВЫХ ПОТЕРЬ В СВЕТОВЫХ ВОЛНАХ ПРИ ОТРАЖЕНИИ НА ГРАНИЦЕ ДВУХ СРЕД.....	129
Токтасынова Н., Сулейменов Б., Болеева Л. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МЕТОДОВ СИНТЕЗА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ТОЧКОЙ СПЕКА ПРИ АГЛОМЕРАЦИОННОМ ОБЖИГЕ.....	133
Тусупов Д.А., Абдикеримов Г.Б., Мурзин Ф.А. ПРИМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОЙ РАЗМЕРНОСТИ ДЛЯ АНАЛИЗА МИКРОФОТОГРАФИЙ.....	137
Кумаргажанова С.К., Увалиева И.М., Талгатова Т. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	142
Ахметов Б.С., Гнатюк С.А., Жмурко Т.А., Юбузова Х.И. ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ДЕТЕРМИНИСТИЧЕСКОГО ПРОТОКОЛА КВАНТОВОЙ БЕЗОПАСНОЙ СВЯЗИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОРРЕКТИРУЮЩИХ КОДОВ.....	150
Беркинбаева А.С., Сулеев Д.К. МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ФАЗОВОГО И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НАНОСТРУКТУРНОГО ПОКРЫТИЯ С ПОМОЩЬЮ (PVD).....	159
Беркинбаева А.С., Сулеев Д.К., Буришукова Г.А., Малгаждарова М.К. ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ЗВУКОИЗЛУЧЕНИЕ НИЗКОУГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ С НАНОСТРУКТУРНЫМ ПОКРЫТИЕМ.....	164
Бейсенби М.А., Сагымбай А.Б., Имангалиев Ш.И. СИНТЕЗ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ В КЛАССЕ ДВУХПАРАМЕТРИЧЕСКИХ СТРУКТУРНО-УСТОЙЧИВЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ.....	171
Сейден А.Б. КАЧЕСТВЕННАЯ ПОДГОТОВКА ВОДЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ ПЛАСТОВОГО ДАВЛЕНИЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ УЗЕНЬ.....	177
Хастаева А.Ж., Смагулов А.К., Нургалиева М.Т. ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ МОЛОКА КОРОВ ГОЛШТИНСКОЙ ПОРОДЫ ВЕСЕННЕГО ПЕРИОДА ЛАКТАЦИИ.....	182
Баймахан Р.Б., Баймахан А.Р., Сейнасинова А.А., Рысбаева Г.П., Оразхан Б.Б. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ НАКЛОННО -СЛОИСТОГО СТРОЕНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ ДЕФОРМАЦИИ ФУНДАМЕНТА.....	187
Омарова А.Б., Байхожаева Б.У., Тулемисова Ж.К. Зетбек Г.С. ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ МОЛОЧНОКИСЛЫХ БАКТЕРИЙ К ИНГИБИТОРАМ ЖЕЛУДОЧНО-КИШЕЧНОГО ТРАКТА С ЦЕЛЬЮ ПРОИЗВОДСТВА ПРОБИОТИЧЕСКИХ ПРОДУКТОВ.....	193
Абдыкаримов Ш.Т. РАЗВИТИЕ АРХИТЕКТУРЫ КАРАВАН-САРАЕВ НА ВЕЛИКОМ ШЕЛКОВОМ ПУТИ.....	197
Джанкуразов Б.О., Джанкуразов К.Б., Жалелов Д.Б., Джанкуразов А.К. ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ НАСЫПИ ЗЕРНА ПРИ ХРАНЕНИИ НА СКЛАДАХ.....	202
Мохаммад И., Шафикулла А., Тайфебулла З., Аскарбеков Э. ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УДОБРЕНИЙ И МЕТОДОВ ВЫРАЩИВАНИЯ МОЧЕВИНЫ НА РОСТ И УРОЖАЙНОСТЬ ЧЕСНОКА.....	207
Джанкуразов Б.О., Джанкуразов К.Б., Жалелов Д.Б., Джанкуразов А.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ОСОБЕННОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ ВОЗДУХА В ПРОЦЕССЕ ПРОВЕТРИВАНИЯ ЗЕРНА В ЭЛЕВАТОРАХ.....	210

<i>Нурахмет Б.Ж., Калкозова Ж.К., Абдуллин Х.А.</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК ZnO	
ГИДРОТЕРМАЛЬНЫМ МЕТОДОМ.....	214
<i>Машеков С.А., Киянбекова Л.Р., Машекова А.С., Тусупкалиева Э.А.</i>	
ВЛИЯНИЕ АЗОТИРОВАННОГО ПОКРЫТИЯ НА ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА	
ШТАМПОВОЙ ОСНАСТКИ.....	219
<i>Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г., Трепашко С.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ	
РЕФЕРЕНЦНЫХ ГНСС СТАНЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	226
<i>Ахмедов Д.Ш., Еремин Д.И., Жаксыгулова Д.Г., Трепашко С.</i>	
УПРАВЛЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНЫМИ ТРАНСПОРТНЫМИ ТРАНЗИТНЫМИ	
КОРИДОРАМИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН.....	233
<i>Машеков С.А., Нугман Е.З., Мустафа А.К., Төлебаев Н.С., Бекбосынова Б.А.</i>	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАДИАЛЬНО-СДВИГОВОГО СТАНА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ	
И РАСЧЕТ ПРОЧНОСТИ ЕГО РАБОЧЕЙ КЛЕТИ.	238
<i>Алимбаев Ч.А., Ожикенов К.А., Ожикенова А.К., Алимбаева Ж.А., Баянбай Н.</i>	
ПОМЕХОЗАЩИЩЕННАЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА.....	245
<i>Калдыбекова Ж.Б., Сырманова К.К., Мусаева С.А., Тасполтаева А.Р., Хамитова Б.М.</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ МЕТОДОВ ХРАНЕНИЯ ПЛОДОВ И ОВОЩЕЙ	
В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО РЕГИОНА.....	251
<i>Ахметова Г.Е., Ахмедова Т.Ш., Вяткина А.К., Смагулов Д.У., Кудря А.В.</i>	
ИЗМЕРЕНИЕ НЕОДНОРОДНОСТИ СТРУКТУР	
ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ТРУБНЫХ СТАЛЕЙ.....	255
<i>Тулентаева Г.С., Меирбекова О.Д.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ IP-ТЕЛЕФОНИИ.....	261
<i>Есмаганбетова А.Б., Даутканова Д.Р., Дуйсенбекова О.О., Смагулова Н.К.</i>	
РАЗВИТИЕ СИСТЕМ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ	
ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ.....	265
<i>Казиев Г.З., Таурбекова А.А.</i>	
МЕТОДЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ В	
МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ.....	269
<i>Калыбеков Т., Рысбеков К.Б., Сандибеков М.Н.</i>	
РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ, НАРУШЕННЫХ ОТКРЫТЫМИ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ.....	273
<i>Генбач А.А., Шоколаков К.К.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАСЧЕТ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОГО КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОГО	
ПЕНОГЕНЕРАТОРА ГАЗО(ПАРО)-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕНЫ.....	279

Физико-математические науки

<i>Абдуллин Х.А., Гриценко Л.В., Кумеков С.Е., Саитова Н.К., Теруков Е.И.</i>	
ВЛИЯНИЕ ОТЖИГА И ПЛАЗМЕННОЙ ОБРАБОТКИ НА КИНЕТИКУ ЗАТУХАНИЯ	
ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ZnO.....	284
<i>Амирғалиев Е.Н., Кунелбаев М., Амирғалиев Б.Е., Козбакова А.Х., Иржанова А.А.</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОПOTЕРЬ И ТЕМПЕРАТУРЫ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ В	
ПЛОСКОМ ГЕЛИОКОЛЛЕКТОРЕ.....	289
<i>Оразбаев Б.Б., Имангазиева Г.Б., Оразбаева К.Н., Курмангазиева Л.Т.</i>	
ЗАДАЧА ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ УЗК И АЛГОРИТМЫ ЕЕ РЕШЕНИЯ.....	296
<i>Кашаганова Г.Б., Калижанова А.У., Амирғалиева С.Н., Ахметов С.С., Айтқұлов Ж.С.</i>	
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВОЛОКОННЫХ РЕШЕТОК БРЭГГА И ИХ	
ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ	302
<i>Жакыпқызы Т., Бектибай Б.Ж., Шортанбаева Ж.К.</i>	
ПРЕИМУЩЕСТВА LEAN-ТЕХНОЛОГИИ.....	309
<i>Калимолдаев М.Н., Куспанова К.</i>	
РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ФИЛЬТРАЦИИ НА ПРИМЕРЕ МНОГОПЛАСТОВЫХ СИСТЕМ.....	315
<i>Боранбаев А.С., Боранбаев С.Н., Нурушева А.М.</i>	
ОПТИМАЛЬНАЯ ЗАМЕНА АКТИВОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО И	
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБНОВЛЕНИЯ.....	324
<i>Боранбаев С.Н., Нурушева А.М.</i>	
МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ИССЛЕДОВАНИЕ	
ГЛОБАЛЬНОГО ИНДЕКСА КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ КАЗАХСТАНА.....	330

<i>Мустафин М.А.</i>	
БАЗИС РИССА ОДНОЙ СИСТЕМЫ СИНУСОВ.....	336
<i>Алексеева Л.А., Дадаева А.Н., Айнакеева Н.Ж.</i>	
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ ДИНАМИКИ ТЕРМОУПРУГИХ СТЕРЖНЕЙ...	337
<i>Бесбаева М.Н.</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧИСЕЛ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ШТУРМА –ЛИУВИЛЛЯ.....	345
<i>Абдылдаев Э.К., Заурбеков Н.С., Молдошев Р.А., Заурбекова Н.Д., Уйпалакова Д.М.</i>	
ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКОЙ СРЕДЫ	349
<i>Албанбай Н., Тайсариева К.Н., Медетов Б.Ж., Сейдалиева У.О.</i>	
ДИНАМИКА СИСТЕМЫ, СОСТОЯЩЕЙ ТОЛЬКО ИЗ ТОРМОЗЯЩИХ ТИПОВ НЕЙРОНОВ	
ФИТЦХЬЮ-НАГУМО.....	356
<i>Жантурина Н.Н.</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ РАСТВОРЕННЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ С ПОМОЩЬЮ TDS	
АНАЛИЗАТОРА И ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОЧИСТКИ ВОДЫ	361

Химико-металлургические науки

<i>Кенжалиев Б.К., Есимова Д.М., Суркова Т.Ю., Аманжолова Л.У., Акчулакова С.Т.</i>	
ПОДГОТОВКА ПРОДУКТИВНЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ	
РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	367
<i>Каршигина З.Б., Абишева З.С., Бочевская Е.Г., Кан С.М., Бейсенбиева У.Ж.</i>	
АПРОБАЦИЯ ЭКСТРАКЦИОННЫХ СПОСОБОВ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЛИТИЯ	
ИЗ ПРИРОДНЫХ РАССОЛОВ КАЗАХСТАНА.....	374
<i>Калдыбекова Ж.Б., Сырманова К.К., Хамитова Б.М., Мусаева С.А., Тасполтаева А.Р.</i>	
АДСОРБЦИОННАЯ РАФИНАЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО МАСЛА.....	384
<i>Уалиханов Р.Е., Гриценко Л.В., Абдуллин Х.А.</i>	
НИЗКОЗАТРАТНЫЙ СИНТЕЗ ТОНКИХ ПЛЕНОК ОКСИДА ЦИНКА,	
ЛЕГИРОВАННОГО АЛЮМИНИЕМ.....	389
<i>Досмухамедов Н.К., Федоров А.Н., Жолдасбай Е.Е., Курмансейтов М.Б., Ахмеджан Ж.С.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ФАЗОВОГО СОСТАВА СИСТЕМЫ $\text{Cu}_2\text{O}-\text{FeO}_x-\text{CaO}-\text{SiO}_2$	
ШЛАКОВЫХ РАСПЛАВОВ.....	393
<i>Каумбаев С.А., Бадавамова Г.Л.</i>	
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТАХ.....	399
<i>Кульдеев Е.И., Бондаренко И.В., Орынбеков Е.С., Нурлыбаев Р.Е., Темирова С.С.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВИРОВАННОГО ДИАТОМИТА В СУХИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ СМЕСЯХ.....	404
<i>Тлеуов А.С., Арыстанова С.Д., Тлеуова С.Т., Назарбек У.Б., Курбанбаева С.Н., Улбекова М.М.</i>	
ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ФОСФОРА ИЗ ФОСФОРНЫХ	
ШЛАМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛЮМОСИЛИКАТНЫХ СОРБЕНТОВ.....	408

CONTENTS

Earth sciences

<i>Akbasova A.D., Sainova G.A., Isakov O.A., Baikhamurova M.O.</i> IMPACT OF POLYGONS OF SOLID DOMESTIC WASTE ON THE STATE OF ECOLOGY OF THE ENVIRONMENT.....	3
<i>Umarbekova Z.T.</i> FORMATION STAGES AND PROSPECTS OF THE ARKHARLY ORE CLUSTER.....	9
<i>Dairzhanov A.</i> CALCULATION OF HYDROGEOLOGICAL PARAMETERS BY THE NEUMAN INTERPOLATION METHOD.....	16
<i>Nurabaeva L.S.</i> THE ROLE OF THE GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM IN THE IMPLEMENTATION OF MAPS.....	21
<i>Kabiyev E, Berdenov Zh. G., Musabaeva M. N., Mendybayev E.H., Inkarova Zh. I.</i> LANDSCAPE ANALYSIS OF THE DELTA OF THE RIVER ZHAYYK.....	26

Technical sciences

<i>Naizabaeva L., Nurzhanov Ch., Pidlisnyuk V., Satymbekov M.</i> COMPUTER MODELING OF THE PRODUCTIVITY YIELD OF THE BIOENERGY PLANTS (REVIEW)	34
<i>Nurabaeva L.S.</i> THE ROLE OF LOCAL LORE IN TEACHING ECOLOGY.....	40
<i>Salykova O.S., Salykov B.R., Gryazin D.G., Amandykova A.B., Bugubayeva A.U.</i> TO MATTER OF ANALYSIS OF REGULATORY DOCUMENTATS AS SOURCE OF QUALITY OF INDUSTRIAL PRODUCTS.....	44
<i>Samigulina G.A., Lukmanova Zh.S.</i> DEVELOPMENT OF COGNITIVE SMART - TECHNOLOGY FOR DISTANCE LEARNING OF PEOPLE WITH LOW VISION IN ENGINEERING SPECIALTIES.....	48
<i>Nadirov K.S., Esentaeva A.A., Sadyrbaeva A.S., Nifontov Y.A., Nadirov R.K.</i> OPTIMIZATION OF THE COMPOSITION OF THREE-LAYER COATINGS FOR PROTECTION OF PIPELINES FROM CORROSION.....	53
<i>Askaruly K., Manabayev N. K.</i> WIDE-BANDGAP SEMICONDUCTOR OF NITRIDE ALUMINUM AND ITS MAIN CHARACTERISTICS.....	60
<i>Blix A.A., Abdibattayeva M.M.</i> EVALUATION OF PRODUCTION RISKS AT MINING ENTERPRISES (BY THE EXAMPLE OF SAYAK MINE)	65
<i>Baibotayeva S.E., Moldabaeva G.ZH.</i> MATHEMATICAL MODEL OF THE PROCESS OF DESTRUCTION OF WATER-OIL EMULSION OF PARAFFIN OILS.....	71
<i>Voronova N.V, Omirkhan T.O.</i> TECHNOOGY OF PROCESSING OF SOLID HOUSEHOLD WASTE AND ITS EFFICIENCY IN THE CITY OF ALMATY AND ALMATY REGION.....	77
<i>Nurzhanov Ch., Naizabaeva L., Pidlisnyuk V., Satymbekov M.</i> MATHEMATICAL MODEL OF VARIABILITY OF THE BIOLOGICAL ABSORPTION COEFFICIENT OF THE HEAVY METAL BY PLANTS DEPENDING FROM THE ENVIRONMENTAL FACTORS.....	83
<i>Mashekov S.A., Smailova G.A., Tussupkaliyeva E.A., Bekbossynova B.A.</i> DETERMINATION OF A NEW RADIAL-SHIFTING MACHINE DRIVE CONFIGURATION FOR PRESSING OF BARS AND PIPES FROM NON-FERROUS METALS.....	87
<i>Yeryomin D., Zhaxygulova D.</i> THE MONITORING SYSTEM FOR THE FLIGHT TRAJECTORY OF SMALL CIVIL AIRCRAFT	94
<i>Akhmedov D., Yeryomin D., Zhaxygulova D.</i> MONITORING SYSTEM OF MORAIN LAKES USING SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS.....	97

<i>Amirgaliyev Ye. N., Shamiluulu Sh., Serek A., Kalybekuulu B.</i> ON SOME RESULTS OF THE APPLICATION OF THE METHOD OF MACHINE LEARNING FOR IMAGE PROCESSING.....	101
<i>Dosmukhamedov N.K., Zholdasbai E.E., Dauletbakov T.S., Balgimbayeva U.A., Kurmanseitov M.B., Moldabaeva G.Zh.</i> WAYS OF IMPROVING THE TECHNOLOGY OF PROCESSING OF SEMI-PRODUCTS AND RECYCLING MATERIALS OF THE LEAD PRODUCTION.....	106
<i>Tretiak O.</i> PECULIARITIES OF DETERMINING OF THE TIME BETWEEN FAILURES OF THE HYDROGENERATOR THRUST BEARING UNIT BY THE METHODS OF THREE-DIMENSIONAL MODELING	113
<i>Dikhanbayeva F., Zhaksybaeva E., Smailova J., Kenbaeva A.</i> RESEARCH OF THE MILK TALES PROCESS WITH PROBIOTIC FORESTS.....	119
<i>Khabei Anar, Zhi Wang, Baktybaev M.K., Kembaeva A.A</i> TEMPERATURE AND HUMIDITY MEASUREMENT BASED ON THE OPTICAL FIBER SENSOR.....	122
<i>Duamet B., Kalauov B.P.</i> RESEARCH OF HALFWAVE LOSS WHEN LIGHT WAVES ARE REFLECTED AT INTERFACE OF TWO MEDIUMS.....	129
<i>Toktassynova N., Suleimenov B., Boleeva L.</i> MODERN STATE OF SYNTHESIS METHODS OF BURN THROUGH POINT CONTROL SYSTEMS OF SINTERING BURNING.....	133
<i>Tussupov J.A. , Abdikerimova G.B., Murzin F.A.</i> APPLICATION OF FRACTAL DIMENSION FOR THE ANALYSIS OF MICROPHOTOGRAPHS.....	137
<i>Kumargazhanova S., Uvalieva I., Talgatova T.</i> DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR ASSESSING THE QUALITY OF BAKERY PRODUCTS.....	142
<i>Akhmetov B., Gnatyuk S., Zhmurko T., Yubuzova Kh.</i> SIMULATION MODEL FOR DETERMINISTIC PROTOCOL OF QUANTUM SECURE DIRECT COMMUNICATION WITH ERROR-CORRECTING CODING.....	150
<i>Berkinbayeva A.S., Suleyev D.K.</i> PHYSICO-MECHANICAL METHODS OF GASKET (PVD) OF NANOSTRUCTURED COATINGS.....	159
<i>Berkinbayeva A.S. , Suleyev D.K. , Burshukova G.A. , Malgazhdarova M.K.</i> INFLUENCE OF THERMAL PROCESSING ON SOUND RADIATION OF LOW-CARBON STEEL WITH NANOSTRUCTURAL COATING.....	164
<i>Beisenbi M.A., Sagymbay A.B., Imangaliyev Sh.I.</i> SYNTHESIS OF THE CONTROL SYSTEM IN THE CLASS OF TWO-PARAMETER STRUCTURALLY STABLE MAPPINGS.....	171
<i>Seiden A.B.</i> QUALITY TREATMENT OF WATER TO MAINTAIN RESERVOIR PRESSURE AT UZEN FIELD.....	177
<i>Khastaeva A. Zh., Smagulov A.K., Nurgalieva M.T.</i> MILK FATTY ACID COMPOSITION OF HOLSTEINCOWS DURING SPRING PERIOD LACTATION.....	182
<i>Baimakhan R.B., Baimakhan A.R., Seinasinova A.A., Rysbayeva G.P., Orazkhan B.B.</i> EVALUATION OF THE INFLUENCE OF THE GROUND BASIS OF A TILT LAYER STRUCTURE ON THE VALUE OF THE DEFORMATION OF THE FOUNDATION.....	187
<i>Omarova A.B., Baikhozhaeva B.U., Tulemisova Zh.K., Zetbek G.S.</i> DETERMINATION OF THE STABILITY OF LACTIC ACID BACTERIAS TO INGIBITORS OF THE GASTROINTESTINAL TRACT FOR THE PURPOSE OF PRODUCING OF PROBIOTIC PRODUCTS.....	193
<i>Abdykarimova Sh.T.</i> DEVELOPMENT OF THE CARAVAN – SARAI'S ON THE GREAT SILK WAY.....	197
<i>Jankurazov B., Jankurazov K., Zhalelov D., Jankurazov A.</i> INVESTIGATION OF PECULIARITIES OF CHANGES OF GRAIN PULP IN STORAGE.....	202
<i>Mohammad Ismail Sadaat, Shafiqullah Aryan, Tayebullah Zahid, Askarbekov Erik</i> A STUDY THE EFFECTS OF UREA FERTILIZER AND CULTIVATION METHODS ON GROWTH AND YIELD OF GARLIC (<i>ALLIUM SATIVUM</i> L)	207
<i>Jankurazov B., Jankurazov K., Zhalelov D., Jankurazov A.</i> FOOD SECURITY RESEARCH AND PECULIARITY OF AIR FILTRATION IN THE PROCESS OF GRAIN TESTING IN ELEVATORS.....	210

<i>Nurakhmet B.Zh., Abdullin Kh.A., Kalkozova Zh.K.</i> THE PROCESS OF OPTIMIZATION OF PRODUCING ZNO THIN FILMS BY A HYDROTHERMAL METHOD.....	214
<i>Mashekov S.A., Kiyambekova L.R., Masheкова A. S., Tusupkaliyeva E.A.</i> INFLUENCE OF NITRATED COATING ON TRIBOTECHNICAL PROPERTIES OF THE STAMPING TOOL.....	219
<i>Yeryomin D., Zhaxygulova D., Trepashko S.</i> RESEARCH OF A SYSTEM FOR MANAGING THE NETWORK INFRASTRUCTURE OF REFERENCE GNSS STATIONS USING CLOUD TECHNOLOGIES.....	226
<i>Akhmedov D., Yeryomin D., Zhaxygulova D., Trepashko S.</i> MANAGEMENT OF INTERNATIONAL TRANSPORT TRANSIT CORRIDORS IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN.....	233
<i>Mashekov S.A., Nugman E.Z., Mustafa A.K., Tolebaev N.S., Bekbossynova B.A.</i> DESIGN OF BASE CONSTRUCTION OF THE RADIAL-SHIFTING MILL AND STRENGTH CALCULATION OF ITS WORKING STAND.....	238
<i>Alimbayev Ch.A., Ozhikenov K.A., Ozhikenova A.K., Alimbayeva Zh.A., Bayanbay N.</i> INTERFERENCE-PROTECTED PRE-TREATMENT OF THE ELECTROCARDIOGRAM.....	245
<i>Kaldybekova J.B., Syrmanova K.K., Musayeva S.A., Tashboltaeva A.R., Khamitova B.M.</i> OPTIMIZATION OF METHODS OF STORAGE OF FRUITS AND VEGETABLES IN THE SOUTHERN REGION.....	251
<i>Akhmetova G.E., Akhmedova T. Sh., Vyatkina A. K., Smagulov D. U., Kudrya A.V.</i> MEASURING THE GEOMETRIC DIFFERENCES IN STRUCTURES FOR CONTROLLING THE QUALITY OF PIPE STEELS.....	255
<i>Tulentaeva G. Seytkhanovna, Meirbekova Oksana Dairovna</i> INVESTIGATION OF THE OPERATING MODE OF IP-TELEPHONY.	261
<i>Yesmagambetova A., Dautkanova D., Duisenbekova O., Smagulova N.</i> DEVELOPMENT OF STANDARDIZATION SYSTEMS IN THE FIELD OF MANAGEMENT OF LAND RESOURCES.....	265
<i>Kaziyev G.Z., Taurbekova A.A.</i> METHODS FOR DISTRIBUTING SOFTWARE PACKAGES IN MULTIPROCESSOR SYSTEMS.....	269
<i>Kalybekov T., Rysbekov K.B., Sandibekov M.N.</i> STUDYING OF THE DIRECTION OF RECULTIVATION OF DISTURBED BY OPEN MINING LAND WORKS.....	273
<i>Genbach A.A., Shokolakov K.K.</i> STUDY AND CALCULATION OF THE HIGHLY EFFECTIVE CAPILLARY POROUS FOAM GENERATOR OF GAS (STEAM) MECHANICAL FOAM.....	279

Physico-mathematical sciences

<i>Abdullin Kh. A., Gritsenko, L. V., S. E. Kumekov, Saitova N. To., Terukov E. I.</i> INFLUENCE OF ANNEALING AND PLASMA TREATMENT ON KINETIC OF DECAY OF PHOTOLUMINESCENCE ZNO.....	284
<i>Amirgaliyev Y., Kunelbayev M., Kozbakova A., Irzhanova A.,</i> DEFINITION OF THE HEAT LOSS AND HEAT TEMPERATURE COEFFICIENT IN A FLAT SOLAR COLLECTOR.....	289
<i>Orazbayev B.B., Imanngazieva G.B., Orazbayeva K.N., Kurmangazieva L.N.</i> THE OPTIMAL CONTROL PROBLEM DELAYED COKING PLANTS AND THE ALGORITHMS FOR SOLVING IT.....	296
<i>Kashaganova G., Kalizhanova A.U., Amirgaliyeva S.N., Akhmetov S.S., Aitkulov Zh.S.</i> MODERN TECHNOLOGIES OF FIBER BRAGG GRATINGS PRODUCTION AND THEIR CRITICAL PARAMETERS.....	302
<i>Zhakypkyzy T., Bektibay B.Zh., Shortanbayeva Zh.K.</i> ADVANTAGES OF LEAN TECHNOLOGY.....	309
<i>Kalimoldayev M.N., Kuspanova K.</i> THE SOLUTION OF THE FILTRATION PROBLEM ON THE EXAMPLE OF MULTIPLATE SYSTEMS.....	315
<i>Boranbayev A.S., Boranbayev S.N., Nurusheva A.M.</i> OPTIMAL ASSET REPLACEMENT IN THE MODELING OF ECONOMIC AND TECHNOLOGICAL RENOVATION.....	324

<i>Boranbayev S.N., Nurusheva A.M.</i> THE METHODS TO IMPROVE THE RELIABILITY OF INFORMATION SYSTEMS AND INFORMATION AND THE RESEARCH OF THE GLOBAL CYBERSECURITY INDEX OF KAZAKHSTAN.....	330
<i>Mustafin M.A.</i> RIESZ'S BASE OF ONE SYSTEM OF SINES.....	336
<i>Alexeyeva L.A., Dadayeva A.N., Айнакеева Н.Ж.</i> FUNDAMENTAL SOLUTIONS OF EQUATIONS THE DYNAMICS OF THERMOELAGUE RODS.....	337
<i>Besbayeva M.N.</i> DEFINITION OF OWN NUMBERS OF THE STURM-LIOUVILLE BOUNDARY VALUE PROBLEM.....	345
<i>Abdyldaev E. K., Zaurbekov N. S., Moldoshev R. A., Zaurbekova N. D., Uipalakova D. M.</i> INFORMATION SYSTEM IMPLEMENTATION MODEL ELASTOPLASTIC MEDIUM.....	349
<i>Albanbay N., Taissariyeva K.N., Medetov B.Zh., Seidaliyeva U.O.</i> DYNAMICS OF A SYSTEM CONSISTING ONLY OF INHIBITORY TYPES OF FITZHUGH- NAGUMO NEURONS.....	356
<i>Zhanturina N.</i> THE DETERMINATION OF DISSOLVED SOLIDS IN WATER BY TDS ANALYZER AND PHYSICAL METHODS OF CLEANING.....	361

Chemical and metallurgical sciences

<i>Kenzhaliev B.K., Yessimova D.M., Surkova T.Yu., Amanzholova L.U., Akchulakova S.T.</i> PREPARE YOUR PRODUCTS FOR PARTICIPATION OF DRYING ITEMS.....	367
<i>Karshigina Z., Abisheva Z., Bochevskaya Ye., Kan S., Beysenbiyeva U.</i> APPROBATION OF SOLVENT EXTRACTION METHODS FOR LITHIUM RECOVERY FROM NATURAL BRINES OF KAZAKHSTAN.....	374
<i>Kaldybekova Zh., Syrmanova K., Baijanova Sh.B., Hamitova B.M., Musayeva S.A., Taspoltayeva A.R.</i> ADSORPTION VEGETATION OF VEGETABLE OIL.....	384
<i>Ualikhanov R.E., Gritsenko L.V., Abdullin Kh.A.</i> LOW-COST SYNTHESIS OF THIN ZINC OXIDE FILMS ALLOYED WITH ALUMINUM.....	389
<i>Dosmukhamedov N.K., Fedorov A.N., Zholdasbay E.E., Kurmanseitov M.B., Ahmedjan Zh.S.</i> STUDY OF THE PHASE COMPOSITION SYSTEMS OF $\text{Cu}_2\text{O}-\text{FeO}_x-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ SLAG MELTS.....	393
<i>Каумбаев С.А., Бадавамова Г.Л.</i> ELECTROCHEMICAL ANALYSIS OF HEAVY METALS IN FOOD PRODUCTS.....	399
<i>Kuldeyev Ye. , Bondarenko ., OrynbekovYe.S. , Nurlybayev R.Ye. Temirova S.S.*</i> USING ACTIVATED DIATOMITE IN DRY BUILDING MIXTURES.....	404
<i>Tleuov A.S., Arystanova S.D., Tleuova S.T., Nazarbek U.B., Kurbanbayeva S.N., Ulbekova M.M.</i> THERMODYNAMIC MODELING OF PHOSPHORUS SEPARATION FROM PHOSPHORIC SLIMES WITH USING ALUMINOSILICATE SORBENTS.....	408

Редакторы:

Н.Ф. Федосенко

Верстка на компьютере:

Л. Касжанова

Подписано в печать 19.09.2018 г.

Формат 60x84 ¹/₈. Усл. п.л 26,5.

Тираж 500 экз. Заказ № 215.

Адрес редакции:

ул. Сатпаева, 22, КазННТУ каб. 616, тел. 292-63-46 ,Nina.Fedorovna. 52 @ mail.ru

Департамент маркетинга и коммуникаций КазННТУ

Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева