

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



**ҚазҰТУ ХАБАРШЫСЫ** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ **ВЕСТНИК КазНТУ**

**№3 (97)**

**Главный редактор**  
**Ж.М. Адилов –**  
**академик, доктор экономических наук, профессор**

**Зам. главного редактора**  
**Е.И. Кульдеев –**  
**проректор по науке и инновационной деятельности**

**Отв. секретарь**  
**Н.Ф. Федосенко**

**Редакционная коллегия:**

С.Б. Абдыгаппарова, Б.С. Ахметов, Г.Т. Балакаева, К.К. Бегалинова, В.И. Волчихин (Россия), Д. Харнич (США), К. Дребенштед (Германия), И.Н. Дюсембаев, Г.Ж. Жолтаев, 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, Н.С. Сеитов-член-корр.НАН РК, А.Т. Турдалиев, Г.Т. Турсунова

**Учредитель:**

Казахский национальный 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. 904, тел. 292-63-46  
n.fedossenko @ ntu.kz

УДК 553.98(574.1)

**С.Г. Нурсултанова, Б.С. Арипов**

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

### **ПАССИВНЫЕ ОКРАИНЫ И ФОРМИРОВАНИЕ КАРБОНАТНЫХ ПЛАТФОРМ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ**

Распределение ресурсов углеводородов мира обусловлено геолого-геохимическими особенностями строения бассейнов, образованных разными плитотектоническими структурами. Объемы осадочного чехла, распространение пород-коллекторов, пород-покрышек (эвапоритовых, глинистых), нефтематеринских пород, высокое содержание органического вещества в нефтегазоматеринских толщах и другие наиболее благоприятные критерии для нефтегазообразования и нефтегазонакопления характерны бассейнам, связанным с пассивными континентальными палеоокраинами, предороженными прогибами и крупными депрессиями, образованными над межконтинентальными и внутриконтинентальными рифтами. Крупнейшие месторождения регионов мира от крупных мегагигантов до также связаны с упомянутыми структурами. В зарубежных странах открыто более 64 тыс. месторождений. Большинство – крупнейших месторождений нефти и газа приурочено к бассейнам пассивных континентальных окраин и надрифтовых депрессий.

Одним из основных регионов, где широко развиты бассейны рифтов и пассивных континентальных палеоокраин, являются акватории. Выяснение геодинамической эволюции акваторий позволяет разработать плитотектонические модели нефтегазоносных и потенциально нефтегазоносных бассейнов, установить стратиграфический диапазон слагающих их тектонических комплексов (чехла, переходного, складчатого основания, фундамента), определить основные плитотектонические структуры, осуществить нефтегазогеологическое районирование.

В образовании бассейнов акватории Каспийского моря решающая роль принадлежит перемещениям Восточно-Европейского палеоконтинента. Выяснено, что для формирования осадочного бассейна, в первую очередь, необходимы: большой объем осадочных отложений; пребывание плит в умеренных широтах, что способствует формированию качественных нефтематеринских толщ, резервуаров для углеводородов (в том числе карбонатных); наличие зон сочетания очагов генерации и зон аккумуляции при режиме средних скоростей осадконакопления; одновременное протекание процессов генерации углеводородов и формирования ловушек для нефти и газа, что увеличивает эффект аккумуляции эмигрирующих углеводородов; наличие: крупных ловушек, зон развития соленосных и глинистых покрышек, участков повышенных температурных градиентов, что ускоряет процесс генерации, препятствует уменьшению пористости, зон унаследованного развития поднятий в пределах внутренних (платформенных частей) пассивных палеоокраин, способных длительное время аккумулировать углеводороды.

Самые крупные скопления углеводородов в мире сконцентрированы в пределах длительно развивающихся (более 300 млн лет) пассивных окраин, например, Персидской, Аляскинской и др., трансформированных столкновением плит в мел-кайнозойский этап развития. Помимо указанных критериев признаком наличия крупных газовых месторождений могут быть проявления жестких термобарических условий, развитие терригенных угленосных толщ, зоны высокой газонасыщенности пластовых вод и инверсии (смены погружения бассейна его длительным вздыманием). Большинство

отмеченных признаков, способствующих образованию крупных месторождений нефти и газа, характерны для акватории Каспийского моря. Учитывая эти и другие особенности, полагаем, что крупные месторождения газа и нефти возможно обнаружить в пределах бассейнов длительно формировавшихся пассивных континентальных палеоокраин, трансформированных столкновением плит в бассейнах надрифтовых депрессий.

В региональном плане вся рассматриваемая территория располагается в восточной части (в современных координатах) Восточно-Европейско-Туранской плиты и пограничных микроконтинентов, которые на востоке ограничивались Уральским палеоокеаном, а с юга – океаном Палеотетис.

В этих границах на различных этапах развития происходили образования внутриконтинентальных рифтов, разделивших южную и юго-восточную части древней литосферной плиты на отдельные блоки различной величины, каковыми являлись Северо-Устюртский, Карабогазский и др.

Зоны, затронутые рифтогенезом в палеозое, в отличие от рифейских авлакогенов, захватывали не всю Восточно-Европейскую платформу, а её борта, примыкающие к палеозойским эпигеосинклинальным складчатым областям. В среднем – позднем девоне произошла регенерация рифейских авлакогенов в Днепровско-Донецком и Южно-Эмбинском районах.

Так, в девоне образовался Южно-Эмбинский внутриконтинентальный рифт под влиянием Уральского палеоокеана с востока, в карбоне – ранней перми – Бозашинский рифт вследствие развития Палеотетиса на юге. Развитие изучаемого региона нами рассматривается с эйфельского времени, несмотря на то, что описание литолого-стратиграфических комплексов, по данным бурения, начинается лишь с франского времени.

В эйфельско-раннефранский этап (390-373 млн. лет) Южно-Эмбинский внутриконтинентальный рифт, начавший формироваться в девоне за счет возрождения деятельности глубинных разломов, заложенных в рифте-венде, а также под действием спрединга Уральского палеоокеана в среднем девоне, с начала франского времени начинает заполняться терригенными осадками, сносимыми со стороны Северо-Устюртского массива, Карабогазской микроплиты и частично – Южного Урала. Южно-Эмбинский рифт представлял собой грабен, ограниченный нормальными сбросами с севера и юга, причем он имел асимметричное ступенчатое строение. Южный борт был круче, чем северный, что говорит о его большей тектонической активности. Ось рифта проходила по Торесай-Мынсуалмасской зоне. Мощность консолидированной коры под рифтом сократилась до 20-22 км. Однако, по геофизическим данным, нет свидетельств ее полного разрыва.

Обычно этапы заложения и проседания континентальных рифтов характеризуются широким набором вулканогенных пород – от ультраосновного до кислого состава. Однако Е.Е. Милановский отмечает случаи, когда в рифтовых зонах магматизм вообще отсутствует или проявляется локально. Вероятно, это характерно для Южно-Эмбинского рифта. Наличие порфириров и андезитов в разрезах скважин объясняется сносом их со стороны Южного Урала, где в этот период была активная вулканическая деятельность.

На остальной территории в условиях мелководного моря накапливались глинисто-карбонатные отложения, которые в дальнейшем стали выполнять роль нефтегазоматеринских пород.

В Среднефранско-раннетурнейский этап (373-357 млн. лет) в результате развития внутриконтинентального Южно-Эмбинского рифта образовались Северо-Устюртский и Южно-Бозашинский блоки, которые в течение девона-раннего-среднего карбона занимали приподнятое положение и, вероятно, служили источниками сноса для более опущенных зон. Величину раздвига Южно-Эмбинского рифта мы примерно оцениваем в первые десятки километров, что соответствует величине раздвига одноименного рифта, характерного для внутриконтинентальных рифтовых зон. По данным бурения, в франско-турнейское время рифт заполнялся грубообломочными породами с прослоями карбонатно-глинистых отложений, что характерно для прибрежно-морской зоны, которая вглубь бассейна сменяется мелководным морем, где накапливались терригенные песчано-алевролитоглинистые отложения. Накопление мощных терригенных толщ в области Южно-Эмбинского рифта вовлекло юго-восточную периферию Прикаспийского бассейна в устойчивое компенсированное прогибание. В Кашаган-Тенгизской зоне, куда не доходила терригенная кластика, был спокойный тектонический режим, что способствовало зарождению позднефранско-раннетурнейской карбонатной платформы, где в этот период развивались фациальные комплексы водорослевых построек и иловых холмов, переходивших по периферии в фации склона и подножия, сложенные кар-

бонатно-обломочными и известково-аргиллитовыми отложениями. Биогермы вертикально наращивали карбонатные платформы, за пределами которых существовали относительно глубоководные участки, заполнявшиеся терригенным материалом. Вследствие этого по периферии платформ на одном горизонтальном уровне соприкасаются карбонатные и терригенные отложения разного возраста: более древние карбонаты контактируют с более молодыми терригенными комплексами последующего заполнения. Высота биогермных фациальных комплексов средне-позднефранской части девонских отложений достигает 400-800 м, что составляет около четверти высоты девонско-раннетурнейских построек.

В турнейское время начинается дифференциация карбонатных платформ с образованием отдельных биогермных поднятий. Месторождение Кашаган сформировалось как изолированная постройка в районе Приморской дуги, рядом с южной окраиной Северо-Каспийского бассейна. Постройки образовались на этапе отложения карбонатов в бассейне, охватывающем интервалы от позднего девона до ранней перми. В то время Северо-Каспийский бассейн был связан с океаном, но находился под усиливающимся воздействием наступающих аллохтонов на юге и западе.

В результате эволюции бассейна форлянда в Приморском регионе образовалась благоприятная углеводородная система, с нефтематеринскими толщами и коллекторами и эффективной региональной покрывкой. Замкнутые резервуары-ловушки сформированы фациями построек. Основными материнскими породами явились фации домаников, представленных девонско-каменноугольными, частично бассейновыми, эквивалентами резервуарных пород построек с возможными дополнительными материнскими толщами в синрифтовых терригенных отложениях в подошве девона. Региональная покрывка Приморской системы сформирована сочетанием карбонатов и артинских глин, а также ангидритовым покровом. Мощность артинских глин составляет 75–100 м в кровле построек, но, вероятно, отсутствует на склонах. Ангидритовый покров обеспечивает дополнительную мощность 50–100 м экранирующих фаций в кровлях и на крыльях построек-резервуаров. Соляные колонны (купола) литологически также являются экранами, но бассейны отжатия соли между ними могли бы привести к разрывам покрывки, если бы не слой ангидритов. Глубины доманиковых фаций находятся в зоне генерации нефти и газа рядом с постройками, а вдали от них - в более глубоководных частях бассейна.

Данный этап является стадией проседания Южно-Эмбинского рифта, характеризующегося устойчивым погружением, раздвиг к этому моменту прекратился. Причем южная ветвь рифта, сопряженная с Северо-Устюртским массивом, имела более высокоамплитудные нисходящие движения, по сравнению с северной.

В позднеурнейско-ранневизейский этап (357–335 млн. лет) в конце турнейского века вследствие движения на север Карабогаз-Каракумской микроплиты произошло сближение Северо-Устюртского блока с краем Восточно-Европейской платформы, что сопровождалось достаточно интенсивными деформациями сжатия, приводившими к расколу платформенного основания терригенного клина и образованию конседиментационных складок в верхнедевонско-нижнетурнейском терригенном комплексе Южно-Эмбинской зоны. Произошло закрытие Южно-Эмбинского рифта, и в начале визе его юго-восточная часть до Торесай-Мынсуалмасской зоны претерпела инверсию с последующей денудацией, что привело к образованию Южно-Эмбинского инверсионного поднятия, интенсивно дислоцированного в ядре и более пологого по мере удаления, в сторону внутренних частей Прикаспийского бассейна. При этом южная граница Южно-Эмбинского палеорифта сократилась до Торесай-Мынсуалмасской зоны. Наибольшая мощность и деформированность верхнедевонско-нижнекаменноугольных пород приурочена к своду Южно-Эмбинского инверсионного поднятия. Мощность толщи (до 2 км) верхнетурнейско-нижневизейских отложений объясняется денудацией терригенных толщ в ядре Южно-Эмбинского поднятия и сносом их в более прогнутые зоны.

Процессы сближения Северо-Устюртского массива с юго-восточным краем Восточно-Европейской плиты обусловили, помимо формирования терригенного заполнения Южно-Эмбинского прогиба, ряд других принципиально важных геологических событий, сформировавших впоследствии современный геологический облик палеозойского разреза Прикаспийского бассейна. Это начало формирования карбонатной платформы по юго-восточному борту Прикаспийского бассейна в более позднее время.

В Кашаган-Тенгизской зоне формировалась система трещин, хотя масштабы дислокации были менее значительными вследствие удаленности от зоны максимального сжатия. Здесь продолжалось накопление мелководных карбонатных осадков.

Во внешней бортовой зоне и в пределах Южно-Эмбинского инверсионного поднятия формировались преимущественно терригенные осадки, представленные грубообломочными и глинисто-песчано-алевритовыми образованиями. Глинисто-алевритовые породы часто обогащены обуглившимися растительными остатками, отмечаются ленточные прослои блестящего каменного угля. Обломочные породы по составу граувакковые, плохо отсортированные. Среди обломков много фрагментов кремнистых и вулканогенных пород. Во многих случаях в породах наблюдается примесь пирокластического материала. Все это свидетельствует о прибрежно-морских условиях осадконакопления.

В пределах Кашаган-Тенгизской зоны в тульское время отмечается сокращение роста карбонатных построек, накопление пачки туфоаргиллитов толщиной до 100 м на плоских сводах платформ и частичное разрушение кольцевых биогермов.

Наличие туфов кислого и среднего состава ранневизейского возраста в Южно-Эмбинской и Кашаган-Тенгизской зонах можно объяснить активизацией вулканов на востоке Прикаспийского бассейна, где островодужный вулканизм проявлялся на Южном Урале и был растянут во времени от среднего ордовика до среднего карбона (Л.П. Зоненшайн, М.И. Кузьмин, Л.М. Натапов, 1990) и юго-западнее Бозашинского поднятия.

Итак, в конце раннего визе был завершен важный этап формирования Прикаспийского бассейна: Южно-Эмбинское инверсионное поднятие и Северо-Устюртский микроконтинент ограничили бассейн с юго-востока. Надо отметить, что Южно-Эмбинский рифт прошел все классические стадии эволюции авлакогенов (заложение, проседание, инверсия) и сформировался как поднятие в современных очертаниях на платформенной стадии, что подтверждается следующими геолого-геофизическими характеристиками: утоненной континентальной корой, повышенной толщиной рифтового грауваккового комплекса, его инверсией, линейными гравитационными аномалиями – максимумами и заметно повышенной величиной теплового потока.

В Поздневизейско-башкирский этап (335–310 млн. лет) формировался пассивный тектонический режим, существовавший на территории всей Восточно-Европейской платформы.

В поздневизейское время начался новый этап в формировании карбонатных платформ Прикаспийского бассейна, значительно отличавшийся от предыдущих. Так, помимо Кашаган-Тенгизской карбонатной платформы появилась новая поздневизейско-башкирская карбонатная платформа на наиболее приподнятой части денудированного Южно-Эмбинского поднятия, причем из-за трансгрессии моря бассейн значительно расширился в сторону Северного Устюрта, и граница платформы проходила с востока на запад южнее площадей Северный Мынсуалмас, Кумтобе, Гагаринская, Терешковская, Николаевская, Колтык, Островная и Аралды (в современных очертаниях). В этот период накапливались разнообразные мелководные известняки, причем карбонатные постройки слагали изолированные локальные участки, вытянутые вдоль юго-восточного борта Прикаспия. Периодически поступавший терригенный материал сносился по сохранившимся подводно-русловым системам в более пониженные участки дна палеобассейна, создавая смешанные отложения. Присутствие терригенного материала подавляло продуцирующую деятельность карбонатообразующих организмов, снижая тем скорость карбонатакопления, что обусловило возникновение участков с преимущественным накоплением карбонатных и карбонатно-терригенных осадков.

В Бозашинской зоне существовали различные условия осадконакопления. Так, карбонаты, вскрытые на Восточном Каратуруне, литологически сходны с карбонатами Тенгиз-Кашаганской карбонатной платформы (структура Южная), что позволяет говорить о сходных условиях осадконакопления.

По мнению В.М. Пилифосова, Э.С. Воцалевского, А.Г. Пронина, О.С. Туркова и др., севернее и западнее Бозаши можно предполагать развитие карбонатных построек на основании наличия в отложениях продуктов разрушения карбонатов.

Относительно глубоководные отложения распространены за пределами Кашаган-Тенгизской карбонатной платформы и в районах Биикжала, Айменбета. Они, главным образом, представлены терригенными и карбонатно-глинистыми отложениями.

Поздневизейско-башкирский этап осадконакопления существенно отличается от предыдущих и характеризуется широким развитием каркасных водорослевых рифов, наращивающих кольцевые края Кашаган-Тенгизской карбонатной платформы, и появлением новой Южно-Эмбинской карбонатной платформы, где накапливались полидетритовые и шламовые мшанково-фораминиферовые водорослевые известняки с обломками криноидей, с онколитами и водорослевыми желваками, остатками спикул губок и радиолярий, сине-зеленых водорослей.

Вышеописанный этап является основной эпохой карбонатакопления в изучаемом регионе. Окончательное погребение Кашагана до его современных отметок происходило в два основных этапа. Мощные пермские соли и пермо-триасовые терригенные породы отложились на ранней стадии быстрого погружения, связанного с окончательным замыканием Северо-Каспийского бассейна. Осадочная толща, сформированная на данном этапе, составила более 2000 м при кратковременном раннем заполнении углеводородов. Ранний этап погребения закончился ко времени киммерийского орогена в позднем триасе и юре, процесс которого главным образом происходил дальше к югу от бассейна. Финальный этап захоронения осадков начался в средней/поздней юре и закончился погружением Кашаганской постройки до глубин более 4000 м.

Итак, на формирование Кашаган-Тенгизской карбонатной платформы оказали влияние сближение, столкновение и коллизия Восточно-Европейской и Казахстанской литосферных плит, закрытие Уральского палеоокеана и океана Палеотетис, под действием которых образовались палеорифты Южно-Эмбинский – в девоне и Бозашинский – в карбоне, и деформации сжатия в предъюрское время.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Жолтаев Г.Ж.* Геодинамические модели и нефтегазоносность палеозойских осадочных бассейнов Западного и Южного Казахстана, М., 1992.
2. *Пилифосов В.М., Воцалевский Э.С., Василев Б.А.* Тектоника области сочленения Прикаспийской впадины и Северного Устюрта, Геология Казахстана, №1, 1996. – С. 66-78.
3. *Жолтаев Г.Ж., Куандыков Б.М.* Геодинамическая модель строения юга Евразии, Нефть и газ, №2, 1999. –С. 62-73.
4. *Куандыков Б.М.* Геологическое строение Арало-Каспийского региона и сопредельных районов Прикаспийской впадины в связи с их нефтегазоносностью, Алматы, 1999.
5. *Гущин Е.С., Жаскленов Б.Б., Николенко В.П., Сапожников Р.Б., Шлезингер А.Е.* Строение и развитие восточной и юго-восточной периферии Прикаспийской впадины, М., «Геоинформмарк», 1993.
6. *Курмашев Е.К., Сапожников Р.С., Сорокин В.П., Шлезингер А.Е.* Строение палеозойских пород юго-восточной прибортовой зоны Прикаспийской впадины и её обрамления (Жанасу-Сарыкумский участок) по сейсмическим материалам МОГТ, М., Наука, 1984.
7. *Акишев Т.А., Волож Ю.А., Курманов С.К., Николенко В.П., Огай Б.А., Сапожников Р.Б., Синилкин С.В., Шлезингер А.Е., Янишин А.Л.* Строение докунгурского разреза Прикаспийской впадины и её обрамлений с позиций сейсмостратиграфического анализа, М., Наука, 1984.
8. *Бродский А.Я.* Глубинное строение южных бортов зоны Прикаспийской впадины, Геология нефти и газа, 1989, №6.
9. *Замаренов А.К., Шебалдина М.Г., Федоров Д.Л. и др.* Седиментационные модели подсолевых нефтегазоносных комплексов Прикаспийской впадины, М., Недра, 1986.
10. *Воцалевский Э.С., Пилифосов В.М., Шлыгин Д.А., Суесинов К., Азербаетов Н.А., Шлыгина Т.М.* Эволюция позднепалеозойских карбонатных платформ юга Прикаспийской впадины, Геодинамика и минерагения Казахстана, Алматы, ИГН им. К.И. Сатпаева, 2000, ч. 2. – С.130-142.
11. *Гарецкий Р.Г., Кирюхин Л.Г., Капустин И.Н., Конишев В.С.* Некомпенсированные прогибы Восточно-Европейской платформы, Минск, «Научная техника», 1990.
12. *Жолтаев Г.Ж.* Строение докунгурских отложений Прикаспийской синеклизы, Советская геология, №5, 1989. –С. 74-82.
13. *Жолтаев Г.Ж., Нурсултанова С.Г.* Строение среднефранско-нижнепермского структурного этажа юго-востока Прикаспийского бассейна, Алматы, Вестник КазНТУ им. К.И. Сатпаева, №3 (37), 2003. –С.10-13.
14. *Турков О.С., Куанышев Ф.М., Николенко В.П.* Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности переходной зоны Северного Каспия, Алматы, Казахстан, 1994.
15. *Жолтаев Г.Ж., Абилхасимов Х.Б., Нурсултанова С.Г.* Изучение особенностей распространения коллекторов и покрышек в подсолевых отложениях юго-востока Прикаспийской синеклизы, Алматы, РФФ, 1990.

16. *Абилхасимов Х.Б.* Литолого-фациальные особенности распространения коллекторов и экранов в верхнепалеозойских отложениях юго-востока Прикаспийской синеклизы, М., 1999.

17. *Абилхасимов Х.Б., Нурсултанова С.Г.* Литолого-фациальные особенности нефтегазоносности подсольевых отложений юго-востока Прикаспийской синеклизы //Межвузовский сборник научных трудов КазПТИ, Алматы, 1989.

18. *Воцалевский Э.С., Пилифосов В.М., Азербает Н.А., Шлыгина Т.М.* Геология и нефтегазоносность палеозойских карбонатных платформ юго-восточной части Прикаспийской впадины, Промежуточный отчет за 2000 г. ф. ИГН им. К.И. Сатпаева.

Нурсултанова С.Г., Арипов Б.С.

**Каспий маңы синеклизасының оңтүстік-шығысының белсенді емес шеттері мен карбонатты платформаларды қалыптасуы.**

**Түйіндеме.** Аталмыш мақалада әлемдегі белсенді емес шеттері мен рифт үстілі синеклизалардың қалыптасуы мен құрылысы туралы мәліметтер келтірілген. Сондай-ақ, Каспий маңы синеклизасының оңтүстік-шығысының карбонатты платформаларымен байланысты белсенді шеттерінде көмірсутек іздеудің перспективтілік критерийлері қарастырылған. Қашаған-Теңіз карбонатты платформасының тұзасты түзілімдерінің литологиялық-фациялық ерекшеліктері сипатталған. Қашаған-Теңіз карбонатты платформасының қалыптасу кезеңдері бөлінген.

Нурсултанова С.Г., Арипов Б.С.

**Пассивные окраины и формирование карбонатных платформ в юго-восточной части Прикаспийской синеклизы.**

**Резюме.** В данной статье приведены данные о формировании и строении пассивных окраин и надрифтовых синеклиз в мире. Приведены критерии перспектив поисков углеводородов в пассивных окраинах, связанных с карбонатными платформами юго-восточного борта Прикаспийской синеклизы. Описаны литолого-фациальные особенности подсольевых отложений Кашаган-Тенгизской карбонатной платформы. Выделены этапы формирования Кашаган-Тенгизской платформы.

Nursultanova S.G, Aripov B.S.

**Passive boundary and formation of carbonate platform in the south-east side of the Pricaspian Basin.**

**Summary.** The data of stages of generation and structure of uplifting basins and passive boundary are considered in the article. The stages of geodynamical development of the Kashagan - Tengiz isolated Paleozoic carbonate build-up located in the Pricaspian Basin deflection, which promoted preservation of the oil and gas reservoirs in a Paleozoic precipitations (sets), are considered in the article.. Data on litological content of paleozoic deposits of fields of the Pricaspian Basin deflection are provided and prospects (outlook) of their oil-and-gas content are considered.

УДК 622.276.04 (574)

**Р.И. Жинтимиров, Н. Г. Дарибаева**

(Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева,  
г.Алматы, Республика Казахстан)

## **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАЗРАБОТКИ ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В МИРЕ И В КАЗАХСТАНЕ**

**Аннотация.** Приведен аналитический обзор разработки шельфовых месторождений как в мире так и в Казахстане, показаны основные особенности освоения морских нефтегазовых месторождений с учётом суровых природно-климатических и гидрометеорологических условий

В Послании Президента народу Казахстана о стратегии развития страны до 2050 г. развитие нефтегазовой отрасли отнесено к приоритетам экономического роста республики. Именно с развитием нефтегазового комплекса связывается, в основном, новый этап развития Казахстана, имеющего уникальные запасы углеводородов.

Нефть и газ относятся к природным богатствам, которые играют важную роль в экономике любой страны. Помимо удовлетворения внутренних потребностей, часть «чёрного золота» идет на экс-

порт, что обеспечивает стране твёрдую валюту, которая в свою очередь используется на расширение производства, в том числе нефтегазового.

Нефть используется не только как топливо для двигателей или в качестве смазочных масел, но и как богатое сырьё для химической промышленности. Из нефти получают более 2000 видов нефтепродуктов, используемых в быту, в промышленности, в медицине, без которых невозможна нормальная жизнь в современном обществе. Резко повышается роль природного газа в энергетическом балансе всех ведущих стран мира. Нефть и газ играют и будут играть важную роль в жизни человека. Несмотря на расширение применения возобновляемых источников энергии, в обозримой перспективе нефть и газ останутся основными источниками энергии во всех странах мира.

В настоящее время каждая четвёртая тонна нефти в мире извлекается со дна моря. Морское поисково-разведочное бурение ведётся в более чем 65 странах и охватывает шельфы всех континентов. Саудовская Аравия, Великобритания, Мексика, Венесуэла, США являются странами, добывающими наибольшее количество нефти в море.

В последнее десятилетие доля нефти и газа в мировом топливно-энергетическом балансе составляет более 70% всех видов источников энергии. Учитывая высокие экологические требования общественности, предъявляемые к строительству атомных и гидравлических электростанций, в дальнейшем она будет возрастать ещё больше. В связи с этим перед специалистами нефтяной и газовой промышленности всех стран встала проблема поиска, разведки, обустройства и эксплуатации месторождений континентального шельфа, превращая его крупную базу углеводородного сырья, где ежегодно добывается свыше 700 млн. т нефти и 300 млрд. м<sup>3</sup> газа. Поисково-разведочные работы на нефть и газ в этих зонах проводят более чем в 70 странах, включая арктические районы США и Канады. При этом доля нефти, добываемой в 45 странах, в мировом объеме добычи уже превысила 28% и в перспективе должна увеличиться до 45-65% (примерно к 2020 г.). Ежегодные суммарные затраты на освоение ресурсов нефти и газа на шельфе в развитых и развивающихся странах превышают 50 млрд. долл. США, из которых около 25 % идут на поисково-разведочные работы. Например на разведку и освоение нефтегазовых ресурсов только британского сектора Северного моря за 1965-1985 гг. было израсходовано более 60 млрд. долл. США, что позволило за 25 лет после начала работ довести уровень добычи нефти в британском секторе до 124,4 млн. т в год [1-2]. Такой успех связан с разработкой правильной стратегии проведения поиска, разведки, обустройства, эксплуатации месторождений в данном морском регионе и создания необходимых для этого технических средств и сооружений.

Геологоразведочные работы в части Каспийского моря, прилегающей к Республике Казахстан, начаты в 60-е годы. В период до 1993 года было пробурено 39 поисковых скважин, на 11 структурах были получены притоки нефти и газа. И в том же году правительством республики было решено осваивать нефтегазовые ресурсы в других морях. Принята соответствующая государственная программа.

В июле 1999 г. Международный консорциум ОКИОК начал бурение первой скважины на структуре Восточный Кашаган с помощью буровой баржи «Сункар». Эта скважина расположена приблизительно в 75 км к югу-западу от города Атырау. 24 июля 2000 года глубина скважины достигла около 5100 м и компания ОКИОК официально объявила об открытии Кашаганского месторождения нефти и газа на шельфе Каспия. Был открыт нефтеносный интервал в карбонатах палеозойского периода на глубине 4126 (интервал длиной 61 м, а весь нефтеносный пласт -1026 м) и получена нефть дебитом до 600 м<sup>3</sup> в сутки и газ дебитом 200 тыс. м<sup>3</sup> в сутки. По оценкам специалистов, общие запасы нефтяного сырья в месторождении Восточный Кашаган оцениваются в 7 млрд. т, а всего около 100 перспективных структур казахстанского шельфа Каспийского шельфа – в 10–12 млрд. т [3].

В настоящее время международным консорциумом Аджип ККО (бывший ОКИОК) пробурены разведочные скважины на структурах Кашаган, Юго-Западный Кашаган, Актоты, Кайран, Каламкас море.

Другим казахстанским морским проектом является разработка двух прибрежных морских блоков вблизи побережья Курмангазинского и Исатайского районов Атырауской области, в том числе и включает разведка и разработка подсолевой структуры Южный Жамбай и ряда над солевых структур, включая Южное Забурье. Работы на этих блоках ведет АО НК «КазМунайГаз». Недавно ОАО «Казахстанкаспийшельф» завершил вторую очередь трехмерной сейсмической съемки, планируется бурение разведочной скважины [4].

Если все прогнозы по запасам нефти казахстанской части шельфа Каспийского моря подтвердятся, то в ближайшем будущем Казахстан может смело рассчитывать на место в семерке стран с наибольшими запасами сырой нефти.

Опыт работы на морских месторождениях нефти и газа показывает, что для эффективного их освоения применяемые на суше традиционные технические средства и методы зачастую неприемлемы. Для реализации данной проблемы, особенно в связи с освоением арктического шельфа и увеличением глубин моря, требуется проведение сложных научно-исследовательских работ и создание специальных технических средств и технологий. Практика эксплуатации месторождений Каспийского моря позволяет установить технические, технологические и организационные условия разработки морских залежей, добычи нефти и газа, рациональные методы их интенсификации, а также основные факторы, обеспечивающие увеличение нефтеотдачи пластов.

Характерными особенностями освоения морских нефтегазовых месторождений с учётом суровых природно-климатических и гидрометеорологических условий являются следующие:

1. Создание специальных гидротехнических сооружений, новых плавучих технических средств – крановомонтажных судов, вертолётов, судов обслуживания, трубокладочных барж и других специальных судов для геофизических, геолого-поисковых работ, строительства нефтепромысловых объектов на море и их обслуживания в процессе обустройства, бурения, эксплуатации и ремонт скважин, а также при сборе и транспорте нефти и газа;

2. Бурение куста наклонно-направленных скважин с морских стационарных платформ и приэстакадных площадок, на искусственных ледовых и намывных островках, с самоподъемных и полупогруженных плавучих установок и других подводных и надводных сооружений;

3. Комплексное решение технико-экономических задач при проектировании разработки месторождений углеводородов. К ним относятся:

– выбор рациональных конструкций и количества стационарных платформ, приэстакадных площадок, плавучих буровых установок и других инженерных сооружений для размещения на них оптимального количества скважин между устьями, их дебитов, ожидаемых при имеющихся противодавлениях в системе сбора и т.д.

– применение эффективных методов интенсификации добычи углеводородов для повышения нефтегазоотдачи пластов с соблюдением принципа недопущения отставания темпов воздействия на пласт от темпов нефтегазоизвлечения;

– использование методов интенсификации добычи нефти и газа для увеличения охвата пласта при разработке как по площади, так и по толщине. Необходимо широко применять методы совместно-раздельной эксплуатации многопластовых залежей, обеспечивающих рациональное решение технико-экономических задач разработки нефтегазовых месторождений и увеличение темпов нефтегазодобычи;

– форсирование строительства скважин в результате создания надёжной и более эффективной техники и технологии бурения наклонно-направленных, горизонтальных скважин с предусмотренным отклонением от вертикали и обеспечением автономности работы буровых бригад, независимо от гидрометеорологических условий на море и стесненных условий платформ, что позволяет ускорять разбуривание проектного числа скважин, исключая необходимость одновременного их бурения и эксплуатации;

– соответствие продолжительности службы и надёжности гидротехнических сооружений срокам разработки нефтяных и газовых площадей, т.е. периоду максимального извлечения углеводородов из залежи и всего месторождения в целом;

4. Строительство специализированных береговых баз для изготовления гидротехнических сооружений, технологических комплексов в блочно-модульном исполнении, плавучих средств и других объектов для бурения, добычи нефти и газа, строительства и обслуживания комплекса морского нефтегазопромыслового производства;

5. Разработка и создание новейших, более совершенных и безопасных технических средств и технологий для освоения, эксплуатации и ремонта скважин в морских условиях;

6. Решение вопросов одновременного бурения, эксплуатации и ремонта скважин при близком расположении устьев, когда это связано с длительным сроком их строительства;

7. Создание малогабаритного, высокой мощности, надёжного в работе блочного автоматизированного оборудования в модульном исполнении для ускорения строительства объектов бурения, эксплуатации и ремонта скважин и обустройства верхнего строения платформ для сбора, подготовки и транспорта добываемой продукции;

8. Разработка новой, совершенно отличной от традиционной, техники и технологии для бурения, эксплуатации и ремонта скважин с подводным расположением устьев и обслуживания этих объектов водолазами под водой и с помощью специальных плавучих средств;

9. Создание техники и технологии освоения шельфов морей и океанов в особо суровых гидрометеорологических условиях, когда необходимо разрабатывать весьма дорогостоящие сооружения для бурения, обустройства, добычи нефти и газа, транспортирования продукции в условиях замерзающих морей, дрейфующих льдов, айсбергов, стамух, донных течений и частых ураганных ветров.

Таким образом, проведенный анализ результатов теоретических и практических исследований показал, что разработка и эксплуатация месторождений континентального шельфа особенно актуальна в настоящее время, так как они представляют собой крупную потенциальную базу углеводородного сырья. Но для проектирования эффективной системы разработки морских месторождений требуется проведение большого объема научно-исследовательских работ и создание более совершенных технологических комплексов для бурения, добычи и сбора продукции морского нефтегазопромышленного производства.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Р.И. Вяхирев, Б.А. Никитин, Д.А. Мирзоев. Обустройство и освоение морских нефтегазовых месторождений – М.: Академия горных наук, 1999.
2. У.С. Карабалин, М.М. Ермекова. Эксплуатация морских нефтегазовых месторождений. – А.: Эверо, 2004.
3. А.Б. Сулейманов, Р.П. Кулиев, Э.И. Саркисов, У.А. Каранетов. Эксплуатация морских нефтегазовых месторождений. – М.: Недра, 1986.
4. Т.К. Ахмеджанов, А.С. Ыскак. Освоение шельфовых месторождений. – А.:2008.

Жинтимиров Р.И., Дарибаева Н. Г.

#### **Қазақстандағы және әлемдегі шельфті кен орындарын өңдеудің аналитикалық талдауы.**

**Түйіндемe.** Мақалада Қазақстандағы және әлемдегі теңіз кен орындарын оларды өңдеуге тарту мүмкіндіктерін бағалау үшін пайдаланудың және өңдеудің, геологиялық барлаудың практикалық және теориялық нәтижелері орындалды. Теңіз және шельфті кен орындарының тиімділігі гидротехникалық ғимараттардың, техниканың және мұнай алу технологиясының арнайы ерекшеліктерімен анықталады.

Жинтимиров Р.И., Дарибаева Н. Г.

#### **Аналитический обзор разработки шельфовых месторождений в мире и в Казахстане.**

**Резюме.** Выполнен обзор результатов теоретических и практических исследований геологоразведки, разработки и эксплуатации морских месторождений в мире и в Казахстане для оценки возможности вовлечения их в разработку. Эффективность освоения морских и шельфовых месторождений определяется специфическими особенностями гидротехнических сооружений, техники и технологии добычи нефти.

Zhintimirov R.I., Daribaeva N.G.

#### **Analytical review of offshore deposit development in the world and kazakhstan.**

**Summary.** In this article provides an overview of the theoretical and practical studies of geologic exploration, development and exploitation of offshore fields in the world and in Kazakhstan to assess the possibility of their involvement in the development. The effectiveness of the development of marine and offshore determined by the specific features of hydraulic structures, technique and technology of oil recovery.

УДК 33.36

**С.Г. Нурсултанова, Е. Жетписбаев**

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, г. Алматы, Казахстан)

### **ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ДОЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНО-ТУРГАЙСКОГО ПРОГИБА**

В последние годы перспективы Южно-Тургайского бассейна расширяются и связываются с палеозойскими отложениями. Южно-Тургайская синеклиза расположена в пределах Туранской плиты, в южной части Тургайского мегапрогиба и ограничена системой горных сооружений Урало-Монгольского складчатого пояса. Особенности тектонической эволюции, литолого-стратиграфические различия и толщины осадочного заполнения относят Южно-Тургайский бассейн к типу внутриконтинентального осадочного бассейна.

Восстановить доюрскую историю развития региона достаточно сложно, поскольку нет единого мнения о возрасте вскрываемых отложений фундамента. Они представлены, в основном, метаморфическими породами, датируемыми как протерозой – нижний палеозой. В отдельных скважинах вскрываются девонско-каменноугольные карбонатные и нижнепермские терригенные отложения. Кроме того, на временных разрезах, ниже кровли палеозоя, на глубинах порядка 3–4 км, выделяются достаточно выдержанные и протяженные отражения, характерные для осадочного комплекса.

Анализируя данные различных источников, можно предположить, что эти отложения связаны с развитием Каратау-Байконурского палеоокеанического бассейна, существовавшего в венде-начале раннего ордовика, где формировалась трансгрессивная серия осадков пассивной континентальной окраины (1). Поздний ордовик ознаменовался регрессивной стадией, и началось закрытие Палеоазиатского океана. В конце силура – начале девона началось образование океанических структур новой генерации (деструктивные океанические бассейны). К этому времени относится формирование Туркестанского океанического бассейна, принадлежащего к единой системе Палеотетис. В конце раннего – начале среднего девона в Туркестанском океане образовалась зона спрединга, под влиянием которой по южному и юго-восточному краям Казахстанского континента возникла активная континентальная окраина с Тургайским девонским краевым вулканическим поясом. Именно с девонским временем связывается заложение современных контуров Южно-Тургайского осадочного бассейна. В фаменское время Южный Тургай представлял собой приподнятую зону треугольной формы, ограниченную разломами и выраженную докарельским блоком в западной половине и раннекаледонским – в восточной. Вдоль западного борта накапливались известняки, вдоль восточного – красноцветная моласса с соленосной толщей. В турнейское время море покрыло всю территорию Южного Тургая. В ранне-средневизейское время трансгрессия усиливается, и море полностью покрывает Южно-Тургайский бассейн. В поздневизейско-серпуховское время начинается регрессия моря, что приводит к выходу из-под уровня вод докарельского блока на северо-западе и карельско-каледонского на юго-востоке.

В среднекаменноугольно-триасовое время подъем территории продолжается и происходит интенсивный размыв ранее накопленных осадков. Подвижки носят дифференцированный характер, и на большинстве территории размывом оказывается весь палеозойский комплекс. Однако в отдельных локальных палеопрогибах сохраняются останцы палеозойских отложений, которые вскрываются рядом скважин (Акшабулак, скважина 18 – вскрытая мощность известняков нижнего карбона составляет 100 м. скважины 1, 11, 12, 14, 16, 19 – вскрыты мергели, известняки, доломиты, аргиллиты, алевролиты карбона-нижней перми).

В мезозойско-кайнозойской истории геологического развития Южно-Тургайской синеклизы установлено шесть геодинамических этапов: грабен-горстовый (ранняя – средняя юра), изостатического выравнивания (позднеюрская эпоха), инверсионный (неокомский век), раннесинеклизный (аптский, альбский века и поздне меловая эпоха), поздне синеклизный (палеоцен – эоцен) и второй инверсионный (олигоценовая эпоха – четвертичный период).

В.С. Шейн с соавторами (1986 г.) установили этапы рифтогенеза с выделением средней (ранняя и средняя юра) и поздней (позднеюрская эпоха) стадий и этап надрифтовых депрессий (меловой и палеогеновый период). Геодинамические этапы не привели к существенным структурным изменени-

ям территории. Они характеризуются медленным и стабильным прогибанием центральных частей Южно-Тургайской синеклизы, что благоприятствовало сохранению образовавшихся залежей нефти и газа.

Залежи нефти и газа в Арыкумском прогибе связаны с отложениями верхней, средней юры и нижнего неокома, а также частично с выветрелой зоной фундамента протерозойского возраста.

Нефтегазоносность фундамента установлена на площадях Кызылкия, Кенлык и Акшабулак Центральный, где при опробовании в ряде скважин получены притоки нефти из выветрелой зоны фундамента. Установлена нефтегазоносность в отложениях фундамента на месторождении Кумколь. На структуре Жанбыршы скважина №1 пробурена на склоне Южно-Аксайского свода обращенного к Аксайской системе. Фундамент вскрыт на глубине 500–715 метров. Минимальное залегание фундамента достигает 500 метров от поверхности. По результатам геофизических исследований (ГИС) скважины Жанбыршы №1, нефтенасыщенный коллектор выделен в интервале 455–530 метров. Эффективная нефтенасыщенная толщина составляет 22 метра. При испытании в интервале 513–527 метров получена густая нефть.

Перспективность пород фундамента подтверждается данными по месторождению Акшабулак, расположенному в южной части Акшабулакской грабен-синклинали, приуроченной к Арыкумскому прогибу, представляющему южную часть Южно-Тургайской впадины на крайнем севере Туранской плиты. Арыкумский бассейн выполнен отложениями мезозоя и кайнозоя (от нижней юры до четвертичной системы), залегающими на протерозойском складчатом фундаменте.

Глубина залегания поверхности фундамента в пределах Акшабулакского выступа до 2000 м, в прилегающих частях достигает 5000 м. Выступ имеет северо-восточное простирание и ограничен разломами.

По фундаменту выступ осложнен в юго-западной части локальным поднятием Южный Акшабулак, в северо-восточной части - двухсводовым поднятием Центральный Акшабулак, разделенными сквозным разрывным нарушением субширотного направления с амплитудой 50–80 м по поверхности фундамента. Амплитуда нарушения уменьшается в верхнеюрском ритмокомплексе до 20–40 м и до 5–10 м в отложениях мела. К северо-востоку от выступа расположено локальное поднятие Восточный Акшабулак, отделенное седловиной от Акшабулака Центрального. Тектоника юрского рифтогенного комплекса характеризуется системой узких структур, с наиболее сложным строением по отношению к мел-палеогеновой толще, и представлена в виде асимметричных линейных отрицательных (грабен-синклиналей) и положительных (горст-антиклиналей) структур северо-западного простирания, протяженностью до 120 км. Платформенный мел-палеогеновый структурный комплекс толщиной до 1600 м выполняет Арыкумский прогиб, наложенный на структуры юрского комплекса.

В строении района и месторождения участвуют складчатые метаморфизованные образования докембрийского фундамента протерозойского возраста, на которых с региональным стратиграфическим несогласием залегает комплекс осадочных отложений мезозоя и кайнозоя: юрский рифтогенный комплекс, мел-палеогеновый, плиоцен-четвертичный, плитные яруса, отличающиеся тектоническим режимом формирования. Породы фундамента вскрыты всеми пробуренными скважинами и представлены хлорит-сирицитовыми, глинистыми сланцами и гнейсами, кварцитами. По имеющимся образцам керн породы фундамента – трещиноватые, в кровельной части разрушенные с образованием коры выветривания и представляют собой вторичные коллекторы с низкими фильтрационно-емкостными свойствами.

Вскрытая толщина достигает 5–165,9 м. В скважине №18 вскрыта стометровая пачка известняков, предположительно палеозойского возраста.

Породы фундамента в данном регионе недостаточно изучены. По описанию керн и шлама породы фундамента на месторождении Акшабулак, в основном, представлены зелеными кварц-серицито-хлоритовыми, гнейсовыми, плотными, трещиноватыми сланцами (скважины 7, 9, 10, 12, 13, 14, 18, 22, 26, 28, 29, 30, 300, 301, 302, 307, 316, 331, 334, 335, 344, 351). По описанию шлама наблюдаются нефтепоказания в скважинах 208, 344: флюоресценция хорошая - ясная, яркая, беложелтая, голубовато-белая. Трещиноватые породы фундамента в кровельной части разрушены и образуют кору выветривания.

Поверхность фундамента является опорным отражающим горизонтом PZ.

Анализируя весь имеющийся керновый материал по фундаменту, можно сделать вывод, что тип коллектора для пород фундамента – трещинный.

Акшабулак Южный. По кровле фундамента структура Акшабулак Южный представляет брахиантеклинальную складку, вытянутую в субмеридианальном направлении и разбитую тектоническими нарушениями. По площади структуры оконтуриваются два локальных купола – северный и южный. На северном куполе выделяются три свода в районе скважин №16,35,3, на южном куполе – два свода. Скважина №31 находится в небольшой седловине между северным и южным куполами.

Размеры северного и южного куполов соизмеримы и составляют 4,2х1,7 км, амплитуда – 60 м.

Вверх по разрезу структура носит унаследованный характер с более спокойным тектоническим режимом – постепенным затуханием амплитуд разрывных нарушений.

*Акшабулак Центральный.* Поднятие Акшабулак Центральный по поверхности фундамента представляет собой брахиантеклинальную складку с двумя сводами, северным и южным, и осложнено рядом тектонических нарушений. В западной части отмечается выклинивание горизонта Ю-III, контролируемое сбросом, в восточной части по отложениям фундамента и верхнеюрского комплекса осложнено сбросом. Амплитуда сброса по фундаменту – 50 м, в юрских отложениях утончается до 10 м, затухая в предмеловое время.

*Акшабулак Восточный.* Поднятие Акшабулак Восточный расположено к северо-востоку от выступа фундамента и отделяется от Акшабулак Центральный седловиной – уступами по поверхности фундамента.

По кровле фундамента поднятие в структурном отношении представляет собой брахиантеклиналь с простиранием с северо-запада на юго-восток, сложенную двумя сводами. Первый свод расположен западнее скважины 34, имеет субширотное простирание, ограничен в западной части тектоническим нарушением и имеет размеры 1,25 х 1,0 км и амплитуду до 40 м. Восточнее скважины 34, через небольшой прогиб, в районе скважины 33, выделяется второй свод с простиранием с северо-запада на юго-восток, осложненный на западе тектоническим нарушением. Размеры 2,5 х 1,0 км и амплитуда до 30 м.

На месторождении Акшабулак Центральный пробуренными скважинами установлена промышленная нефтеносность неокоских, верхнеюрских и протерозойской-палеозойских (фундамент) отложений. К отложениям нижнего неокома приурочены продуктивные горизонты М-I, М-II-1 и М-II-2. В верхнеюрских отложениях выделяются горизонты Ю-0-1, Ю-0-2, Ю-I, Ю-II, Ю-III и Ю-IV. В свою очередь, Ю-0-1 условно (по характеру насыщения) делится на две пачки Ю-0-1а и Ю-0-1б, а горизонт Ю-III (по литологическому составу) на Ю-IIIа и Ю-IIIб. Нефтегазоносность фундамента установлена получением притоков нефти из скважин 9, 18 и др. Продуктивный горизонт PZ относится к протерозойско-палеозойскому возрасту (фундамент).

По керновому материалу в ряде скважин отмечается наличие трещиноватых участков в верхнем слое эрозионной поверхности фундамента, трещины которых заполнены нефтью.

Нефтяная залежь представляет собой линзообразный тип коллектора, литологически ограниченного зоной замещения коллекторов, продуктивность коллекторов доказана в скважине 9 получением притоков нефти.

На Акшабулак Восточный по керновому материалу в скважинах 40 (интервал 2020,43–2022,78 м), 39 (интервалы 2031,04–2032,69м, 2037,45–2037,70м), отмечается наличие трещиноватых участков в слое эрозионной поверхности фундамента, трещины которых заполнены нефтью.

Резюмируя вышеизложенное, можно отметить, что отложения палеозойского фундамента должны быть выделены в одно из перспективных направлений разведочных работ и, возможно, открытие крупных месторождений региона с большими запасами нефти, которое будет способствовать расширению представлений о возможном механизме и последовательности формирования залежей нефти и газа в фундаменте и в конечном итоге приросту запасов. В статье рассматриваются этапы геологического развития Южно-Тургайского прогиба, которые способствовали сохранению залежей нефти и газа в мезозойских и палеозойских осадках. Приведены данные по нефтегазоносности доюрских отложений по месторождениям Южно-Тургайского бассейна и рассмотрены перспективы их нефтегазоносности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абдулин А.А.* Рифтогенные области зоны сочленения структур Урала, Тянь-Шаня и Центрального Казахстана // Изв. АН.КаССР Сер.геол.1979. №1.-С1-8.
2. *Жолтаев Г.Ж.*, геодинамические модели и нефтегазоносность палеозойских осадочных бассейнов Западного и Южного Казахстана // Дис. На соиск.уч.степ.докт.геол.-минер.наук.-М.1992.-50с.
3. *Жолтаев Г.Ж., Парагульгов Т.Х.* Рифтогенез и нефтегазоносность. –М.:Наука, 1993. - С.112-116.
4. *Клубов А.А.* Геология и нефтегазоносность Тургайского прогиба. - Л.: Недра, 1973.-153с.
5. *Ли А.Б.* Тектоника и перспективы нефтегазоносности Южного Казахстана.- Алма-Ата : Наука, 1975. -220с.
6. Нефтегазоносные комплексы Южно-Тургайской впадины //Х.Х.Парагульгов, А.Б.Ли, Т.Х.Парагульгов, Г.П. Филиппев// Вестн. АНКаССР.1990.№ 1.-С.49-59.
7. Особенности строения и перспективы нефтегазоносности мезозойских отложений южной части Тургайского прогиба / А.А.Абдулин, Ю.А.Волож, Ф.С. Рабкин и др// Изв.АнКаССР. сер.геол.1983.№4.-С.1-8.
8. *Парагульгов Х.Т.* Современное состояние проблемы рифтогенеза и нефтегазоносности // Геология и разведка недр Казахстана. 1995.№6.-С.11-15.
9. *Парагульгов Х.Т., Парагульгов Х.Х., Ли А.Б., Хайбуллин Р.Р.* Литолого-петрографические особенности пород фундамента Южно-Тургайской впадины// Вестн. Ан КаССР. 1991. №10.-С.49-52.

Нұрсұлтанова С.Г., Жетписбаев Е.

**Оңтүстік Тұрғай иілімесінің Юраға дейін шөгінділерінің мұнайгаздылық перспективалары**

**Түйіндеме.** Мақалада Оңтүстік –Тұрғай иілімінің мезозой және палеозой шөгінділердің мұнай мен газ тыңайған жерлерін сақтау үшін, геологиялық дамуының кезеңдері қарастырылады. Протерозой, палеозой, мезозой бассейндерінің геодинамикалық даму сатылары жазылған Юраға дейін шөгінділер Оңтүстік –Тұрғай бассейнінің мұнай мен газ кең-пайдалы жерлердің деректерлер келтірілді және олардың болашағы қарастырылды.

Нурсултанова С.Г., Жетписбаев Е.

**Перспективы нефтегазоносности доюрских отложений Южно-Тургайского прогиба**

**Резюме.** В статье рассматриваются этапы геологического развития Южно-Тургайского прогиба, которые способствовали сохранению залежей нефти и газа в мезозойских и палеозойских осадках. Описаны геодинамические этапы развития бассейна: протерозой – палеозой – мезозой.. Приведены данные по нефтегазоносности доюрских отложений по месторождениям Южно-Тургайского бассейна и рассмотрены перспективы их нефтегазоносности.

Nursultanova S.G., Zhetpisbayev E.

**Prospects of oil and gas content pre-Jurassic deposits of Southern Turgay deflection**

**Summary.** The stages of geological development of the Southern - Turgay deflection, which promoted preservation of the oil and gas reservoirs in a Mesozoic and Paleozoic precipitations (sets), are considered in the article. In the article there are described geodynamics stages of basin development – proterozoic – paleozoic –mezozoic.. Data on oil-and-gas content of pre-Jurassic deposits of fields of the Southern- Turgay pool are provided and prospects (outlook) of their oil-and-gas content are considered.

**М.Т. Билецкий, А.К. Касенов, С.М. Сушко**

(ОАО "Волковгеология", Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

**ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНГИБИРУЮЩИХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ  
С ЦЕЛЬЮ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ  
ПРОХОЖДЕНИИ ПУЧАЩИХСЯ ГЛИН**

ОАО "Волковгеология" выполняет большой объем бурения с целью разведки и разработки урановых месторождений Республики Казахстан. Большая часть разреза скважин представлена глинистыми и песчано-глинистыми породами. Местные глины отличаются высокой диспергируемостью в воде и в буровых растворах на водной основе.

Как известно, микроструктура глин представлена пакетами элементарных пластин, обладающих малой (доли мкм) толщиной и относительно весьма большой поверхностью. Большой поверхности соответствует высокая поверхностная энергия, проявляющаяся в виде отрицательного электрического заряда. Отрицательно заряженные пластины отталкиваются друг от друга, но соединяются в пакеты с помощью положительных ионов металлов. Чем выше положительный заряд (валентность) металлов, тем прочнее связь элементарных пластин в пакете. По виду преобладающего в них металла выделяют, например, натриевые и кальциевые глины, причем вторые (содержащие двухвалентный  $Ca^{++}$ ) распускаются хуже первых (содержащих одновалентный  $Na^{+}$ ).

При вскрытии глинистых пород буровой раствор или его водный фильтрат по трещинам и порам устремляется в стенки скважины и вступает в контакт с глинистыми структурами. Известно, что молекула воды  $H_2O$  имеет вытянутую форму, причем на одном конце (полосе "диполя") сосредоточен положительный ион водорода, а на другом – отрицательный ион кислорода. Сталкиваясь в ходе Броуновского движения с пакетами глины, диполи своей положительной стороной пристаю к отрицательно заряженной поверхности пластин. Поверхность элементарных пластин оказывается полностью "усаженной" одинаково ориентированными диполями воды – покрыта "гидратной оболочкой". При высоком заряде пластины гидратная оболочка может утолщаться, наращивая на себе все новые слои диполей воды. Гидратные оболочки раздвигают пластины в пакете, преодолевая удерживающее действие ионов металлов. В макро масштабе утолщение гидратных оболочек проявляется в увеличении объема ("набухании") примыкающей к скважине толщи глин.

Степень набухания глин зависит не только от заряда их элементарных пластин, но и от величины возможного притока воды. Если путем использования бурового раствора с низкой водоотдачей этот приток ограничить за счет создания на стенке скважины непроницаемой глинистой корки, то набухание прискважинной зоны глин можно резко уменьшить.

Контакт с водой частиц глинистого шлама почти не ограничен, и поэтому процесс наращивания гидратных оболочек приводит здесь к полному разрушению структурообразующих пакетов, когда элементарные глинистые пластины теряют связь друг с другом. Частицы шлама полностью распускаются в воде и создают "естественный" глинистый раствор. Именно таким раствором чаще всего и ведется промывка скважин при бурении по глинистым разрезам на месторождениях ОАО "Волковгеология". В скважину закачивают воду, а из ее устья вытекает наработанный глинистый раствор. Естественные глинистые растворы исключают затраты на приобретение как порошковых глин и химических реагентов, так и установок для их приготовления и очистки. Низкая исходная плотность таких растворов обеспечивает высокие скорости углубки. Со временем из-за насыщения глинистым шламом плотность этих растворов растет, а темп углубки, соответственно, падает, однако сильного падения скорости бурения удастся избежать путем периодического разбавления естественного раствора водой.

Недостатком естественных глинистых растворов является их крайне высокая (порядка  $50\text{ см}^3$  за 30 мин.) водоотдача. Фильтрационная корка не препятствует проникновению водного фильтрата в прискважинную толщу глин и их набуханию. Между набухающим прискважинным слоем и основ-

ным “сухим” массивом возникают трещины сдвига. В моменты разбавлений естественного раствора водой происходит падение гидростатического давления в скважине, что провоцирует развитие указанных трещин и, в конечном итоге, – обвалы набухшего материала, который затем скапливается на зауженных участках ствола.

На месте обвала в стволе образуется расширенный участок (“каверна”). Здесь падает скорость восходящего потока промывочной жидкости и, как следствие, скапливаются “сальники” из наиболее крупных, трудно выносимых частиц шлама. Объем сальников с течением времени возрастает. Сальники сползают вниз и образуют “сальниковые пробки”. Последние затрудняют проведение СПО а при бурении блокируют каналы восходящего потока жидкости. Могут возникать серьезные аварии, такие как прихват бурового снаряда или забурка нового ствола (с потерей старого) – при проработке пробок с вращением и промывкой. Частым осложнением является недоход до забоя каротажных зондов. В некоторых случаях приходилось делать до десятка попыток каротажа с тщательной проработкой скважины после каждой попытки. Увеличение в результате кавернообразований диаметра скважины способствует ее искривлению и уходу от запланированной точки подсечения полезного ископаемого.

В качестве наиболее эффективного метода борьбы с неустойчивостью стенок скважин признано применение ингибирующих буровых растворов. Такие растворы превращают легко распускаемые глины прискважинной зоны в трудно распускаемые. Кроме воды и глины они содержат реагент-коагулянт (ингибитор) и реагент-пептизатор. Коагулянтами часто являются электролиты, например, растворимые в воде соли, оксиды и гидроксиды. Происходит электролитическая диссоциация этих соединений на положительные и отрицательные ионы. Положительные ионы нейтрализуют отрицательный заряд элементарных пластинок глины. Их гидратные оболочки утончаются, вплоть до полного исчезновения. Пластины соединяются друг с другом (коагулируют), создавая частицы все более крупного размера. С помощью коагулянтов предотвращают набухание глинистых стенок скважин, кавернообразование и связанные с этим осложнения.

Практически в настоящее время используются две группы коагулянтов разного происхождения. Это неорганические и органические соединения. К первой группе относятся упомянутые электролиты. Это соединения натрия  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ , калия ( $\text{KCl}$ ), кальция:  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CaCl}_2$  и другие. Органические ингибиторы обычно базируются на полиакриламиде. Они выпускаются под фирменными названиями, такими, как РНРА, ARGIPOL, К-ION и др. Преимущества этих реагентов – достижение требуемого эффекта при меньших концентрациях. Недостаток – высокая стоимость, а также отсутствие достаточной информации как об их составе так и о методике применения в конкретных условиях.

Воздействие коагулянта на глины стенок скважины можно осуществить только через буровой раствор (включив его в состав раствора). При этом возникает опасность разрушения бурового раствора, т. к. под действием коагулянта содержащаяся в растворе глина будет собираться в крупные куски и оседать на дно скважины. Для предотвращения этого явления перед вводом коагулянта раствор обрабатывают реагентом-пептизатором, действие которого противоположно действию коагулянтов. Покрывая элементарные глинистые пластины тонкой пленкой, эти реагенты увеличивают их отрицательный заряд и усиливают отталкивание друг от друга. Глинистые частицы измельчаются (пептизируются). К пептизаторам принадлежат такие органические соединения, как гуминовые кислоты, лигносульфонаты и полимеры. Пептизаторы снижают водоотдачу бурового раствора. Чем мельче размер растворенных в воде частиц глины, тем плотнее они прилегают друг к другу в фильтрационной корке и тем меньше эта корка пропускает водного фильтрата. Перед вводом коагулянта водоотдачу бурового раствора с помощью пептизаторов доводят до минимума:  $1\text{--}2\text{ см}^3$  за 30 мин. Отрицательный заряд частиц глины и, соответственно, толщина их гидратных оболочек становятся столь значительными, что даже большое количество коагулянта на них почти не действует: после ввода необходимой дозы коагулянта водоотдача такого раствора увеличивается всего лишь до  $2\text{--}4\text{ см}^3$  за 30 мин.). Ингибитор почти не расходуется на коагуляцию частиц раствора, но воздействует на вновь открывающуюся в ходе углубки площадь глинистой стенки скважины в сторону недопущения ее набухания.

На разрабатываемых ОАО "Волковгеология" месторождениях было решено использовать ингибированный хлоркалийевый раствор, который по отзывам Волгоград НИПИ нефти, является наибо-

лее перспективным буровым раствором на водной основе для бурения в неустойчивых глинах. Исходная рецептуры раствора приведена в левой части табл.1. Она была доработана и откорректирована применительно к местным условиям (результат показан в правой части табл. 1).

Таблица 1. **Рецептура ингибирующего глинистого раствора**

Назначение компонента	Исходная рецептура		Окончательная рецептура		Время размешив. мин
	Марка	Содержание кг/м <sup>3</sup>	Марка	Содержание кг/м <sup>3</sup>	
Пептизатор	КМЦ	8	PACULV	4	30
Регулятор Ph	КОН:	6	КОН	6	20
Пеногаситель	*	4	Defoamer	12	60
Пептизатор	КССБ4	70	КССБ-4	45	90
Ингибитор	KCL	60	KCl	37	60

\*Смесь 10 частей дизтоплива на 1 часть плавленого солидола

За основу для добавления реагентов был принят прошедший очистку естественный глинистый раствор, который брали с буровых установок в момент достижения предельно допустимой плотности 1.25 – 1.32 г/см<sup>3</sup>. Значения прочих параметров такого раствора были: условная вязкость  $T = 33 - 34$  с,  $Ph = 6 - 7$ , Содержание твердых частиц  $\Pi = 3\%$ . Путем разбавления водой плотность доводили до 1.15 г/см<sup>3</sup>. Это значение обеспечивает приемлемую скорость углубки и в то же время удовлетворяет требованию наибольшей возможной плотности, т. к. гидростатическое давление в скважине является одним из факторов, удерживающих ее стенки от обвала. Раствор из бентонитового порошка (который рассматривался в качестве альтернативы) не может иметь плотность выше 1.06 г/см<sup>3</sup>, и, кроме ингибитора и пептизатора, требовал бы добавления утяжелителей, что, в свою очередь, невозможно без реагентов-структурообразователей. Принятый же раствор обеспечивает экономию на бентоните, утяжелителе и структурообразователе. При широком переходе на ингибирующие растворы новые растворы можно будет замешивать на отработанном ингибирующем растворе (после его очистки от шлама), что позволит экономить на реагентах (часть которых в отработанном растворе еще сохраняется).

Был установлен необходимый порядок ввода реагентов в базовую жидкость. Он показан в табл.1. Первая доза пептизатора доводила водоотдачу отработанного естественного раствора до приемлемого уровня в 8–10 см<sup>3</sup> за 30 мин. Вместо КМЦ использовался аналогичный по своей химической природе, но более современный реагент PACULV.

Дальнейшее снижение водоотдачи до 1.5–2.5 см<sup>3</sup> за 30 мин. осуществлялось с помощью КССБ. Этот реагент присутствует почти во всех классических рецептурах ингибирующих растворов. В литературе отмечается, что он уже сам по себе – даже без добавления ингибиторов – препятствует набуханию глин. Перед вводом КССБ необходимо повысить показатель Ph с 7 до 9 – 11 (притать раствору щелочную реакцию) и, кроме того, предупредить, присущее КССБ пенообразование.

Для повышения Ph вводили КОН (применение с этой целью NaOH в случае, когда ингибитором является KCl, считается неприемлемым).

Сложной оказалась проблема пеногасителя. Вместо кустарно изготавливаемых смесей (см. примечание к таблице), использовался фирменный пеногаситель Defoamer. Поскольку необходимая концентрация была неизвестна, пеногаситель решили добавлять уже после КССБ – столько, сколько потребуется для гашения пены. Однако пенообразование шло слишком бурно, и пена заливала помещение. Все же таким путем установили требуемую концентрацию пеногасителя, который теперь стал вводиться до КССБ и без возникновения пенообразования. Тем не менее позднее, уже на стадии применения раствора в бурении и после прохождения более половины проектной глубины скважины, пенообразование внезапно возникло вновь. В течение нескольких часов оно вызвало повышение вязкости с 45 с до 150 и более. Производительность насоса упала с 400 до 200 л/мин. и из-за недостаточного удаления шлама снизилась скорость углубки. Положение удалось исправить, многократно увеличив содержание пеногасителя в очередном замесе раствора. Поэтому на будущее было

рекомендовано содержание пеногасителя резко повысить (см. табл. 1). Кроме того стала очевидной важность предотвращения механической аэрации содержащего КССБ – раствора уже в ходе бурения, например в результате подсосывания воздуха через подносившиеся уплотнения штока насоса.

Ингибитор-коагулянт КС1 вводился в последнюю очередь, после того, как раствор предшествующей обработкой был полностью защищен от коагуляции. Как видно из таблицы 1, принятая доза коагулянта (и, соответственно, КССБ) была по результатам опытов снижена до 60 % от первоначальных значений. Ниже показано, что на качестве ингибирования это не отразилось.

В таблице 2 приведены результаты мониторинга состояния раствора при прохождении первых 187 м. До этой глубины бурение велось с применением раствора одного замеса без добавления свежих порций.

Таблица 2 . Изменение параметров раствора в ходе бурения первых 187 м \*

Параметры раствора	Глубина скважины, м						Общий рост, раз
	0	30	66	157	176	187	
Плотность, $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	1.18	1.19	1.20	1.22	1.25	1.25	1.06
Условная вязкость, Т, с	34	39	44	46	47	47	1.38
Водоотдача, В см <sup>3</sup> за 30 мин	3	4	4.5	6.5	7	7	2.33
Содержание песка, П, %	3	3	3	7	7	7	2.33
Содержание ионов Н <sub>2</sub> , Ph	10	10	10	10	10	10	1

\* На этом интервале (до глубины 70 м) располагались песчано-гравелистые породы, сменившиеся далее пластами глинистых пород.

Из таблицы видно, что плотность раствора непрерывно возрастала. Среднее по интервалу возрастание плотности составило  $3.74 \cdot 10^{-4}$  г/см<sup>3</sup> на метр проходки. При этом в интервале 0 – 66 м этот показатель был  $3.0 \cdot 10^{-4}$  г/см<sup>3</sup>/м., а в интервале 66 – 187 –  $4.1 \cdot 10^{-4}$  г/см<sup>3</sup>/м, что в 1.37 раз выше. Причина более интенсивного, чем в песках, роста плотности в глинистых породах в том, что здесь в растворе содержались более мелкие, чем в песках, частицы шлама, те, которые не успевают осесть в отстойниках. Тем не менее приведенные данные показывают, что темп роста плотности ингибирующего раствора все же многократно ниже, чем при использовании естественных глинистых растворов.

Тенденцию к увеличению проявила и условная вязкость, которая на всем рассматриваемом интервале выросла на 13 с или на 38 %, (т. е. в среднем на 0.070 с/м). Возможно, что это было связано с ограниченной аэрацией, вызванной небольшим износом уплотнений.

Еще более сильное возрастание – в 2.33 раза (на 133 %) продемонстрировала водоотдача. Средний рост водоотдачи на всем интервале в 187 м составил 0.021 см<sup>3</sup>/м. Это означает, что реагенты-стабилизаторы PACULV и КССБ-4 активно адсорбировались на вновь открывающихся в ходе бурения поверхностях ствола скважины и на частицах шлама и, таким образом уходили из раствора. Но, несмотря на рост, водоотдача при глубине 187 м все еще оставалась на низком уровне.

Значительный (в 2.33 раза) рост содержания “песка” (твердых частиц шлама) связан с ростом условной вязкости раствора, поскольку при этом возрастает его способность удерживать те мелкие частицы, которые ранее осаждались в отстойнике.

Содержание ионов водорода на всем рассматриваемом интервале оставалось неизменным: Ph = 10.

В целом можно сделать вывод, что ввиду высоких значений плотности и содержания песка, замену части раствора в зумпфах на свежеприготовленную порцию следовало бы осуществить раньше. Конкретный момент замены можно устанавливать по достижении предельно допустимых результатов замера: плотности  $-1.2$  г/см<sup>3</sup> и песка  $-4$  %. Добавление свежего замеса раствора при глубине 187 м позволило довести все параметры раствора до значений, близких к исходным. Для уменьше-

ния общей плотности раствора в зумпфах, значение этого параметра в очередном замесе было снижено до  $1.13 \text{ г/см}^3$ .

На скважине, где проводились испытания ингибирующего раствора, был осуществлен эксперимент, заключающийся в следующем: при достижении глубины 440 м бурение остановили и провели кавернометрию. Вслед за этим ингибирующий раствор был полностью удален и заменен на естественный, приготовленный вышеописанным способом. Скважина была добурена до проектной глубины 650 м, после чего (через трое суток после первого раза) кавернометрия была проведена повторно. Результаты замеров приведены в таблице 3, в частности, даны средне-взвешенные по интервалам глубин значения диаметра, а также увеличение этих значений по сравнению с диаметром долота.

Верхняя часть таблицы демонстрирует результаты первой кавернометрии (бурение до глубины 440 м с применением ингибирующего раствора); нижняя же часть составлена по данным второй кавернометрии – (естественный раствор). Приведенные в нижней части данные касаются:

а) изменения диаметров на ранее пробуренном интервале 0–440 м, под влиянием контакта стенок скважины с естественным раствором;

б) диаметров скважины на вновь пройденном интервале 440–650 м.

Из таблицы видно, что для интервала скважины, пробуренного с применением ингибирующего раствора (строка 2) увеличение среднего диаметра в 4.1 раза меньше, чем для интервала (строка 9), пробуренного с естественным раствором ( $62/15 = 4.1$ ).

**Таблица 3. Диаметры скважины при бурении долотом диаметром 161 мм с применением ингибирующего и естественного растворов**

№	Породы	Интервал глубин, м	Диаметр ствола, мм		Рост диаметра на (в мм)	То же, в %
			Интервал от до	Средний		
1	Ингибирующий раствор					
2	Пески и глины	0 – 440 (440)	160 – 180	176	15	9.3
3	В т. ч. пески	0 – 80 (80)	180 – 220	205	44	27.3
4	В т. ч. глины	80 – 440 (360)	160 – 180	170	9	5.6
5	Естественный раствор					
6	Пески и глины	0 – 440 (440)	180 – 250	211	50	9.3
7	В т. ч. пески	0 – 80 (80)	190 – 250	219	58	36.0
8	В т. ч. глины	80 – 440 (360)	180 – 250	209	48	29.8
9	Глинистые породы, мергели, пески	440 – 650 (210)	180 – 280	223	62	38.5

Если интервал 80–440 м, (строка 4), сложенный глинистыми породами (для них, собственно, и предназначены ингибирующие растворы) рассмотреть отдельно от интервала песков (строка 3), то можно увидеть, что в глинах увеличение диаметра невелико. Сравнение увеличения диаметра по строкам 4 и 9 приводит к выводу, что ингибирующий раствор обеспечил уменьшение кавернозности уже не в 4.1, а в 6.9 раз. ( $62/9 = 6.8$ )

Интересные результаты дает сравнение данных кавернометрии по строкам 2–4 с данными по строкам 6–8. Речь идет об интервале 0–440 м. В первом случае он перед кавернометрией был только что пробурен с применением ингибирующего раствора. Во втором случае перед кавернометрией этот же интервал трое суток находился в контакте с естественным глинистым раствором. Сравнение по-

казало, что в результате замены ингибирующего раствора на естественный кавернозность возросла: по всему интервалу в целом – в 3.3 раза; в т. ч. по пескам – в 1.3 раза, и по глинам – в 5.3 раза.

Данные таблицы однозначно доказывают что:

а) по сравнению с естественными растворами ингибирующие растворы позволяют многократно уменьшить кавернозность;

б) замена ингибирующего раствора на естественный практически сводит к нулю положительный эффект по повышению устойчивости стенок скважины.

Следует отметить, что когда в ходе прохождения интервала 80–440 м (при заполненной ингибирующим раствором скважине), углубку ради срочного ремонта оборудования остановили на 16 ч (с извлечением буровой колонны), то возобновление бурения не встретило осложнений, а диаграмма кавернометрии роста кавернозности не выявила.

При бурении легко распускающихся глинистых пород с использованием естественных глинистых растворов большая часть глинистого шлама переходит в раствор. При достижении предельно-допустимой плотности буровик удаляет из зумпфов 50–70 % тяжелого раствора и заполняет освободившийся объем водой. Таким путем экономится объем отстойников, т. к. большая часть шлама не оседает в них, но отвозится на могильник вместе с отработанным раствором.

Как упоминалось, ингибирование – это препятствование растворению глины в воде. В ингибирующих растворах шлам глинистых пород не только не переходит в раствор, но, наоборот, под действием ингибитора коагулирует, т.е. идет процесс укрупнения его частиц. При наблюдении за вытекающей из устья струей раствора постоянно отмечались сгустки шлама размером в несколько сантиметров. При недостаточной же подаче насоса (например, из-за сильной аэрации раствора) размер сгустков возрастал, так что из устья скважины происходил подъем сальников в виде глинистых “труб” (образовавшихся от воздействия вращающейся буровой колонны на скопления коагулированной глины). При глубине скважины порядка 400 м зумпфы были заполнены сгустками глины и требовали чистки. Поэтому перед переходом на естественный раствор была проведена полная очистка зумпфов от шлама. Кроме того, коагулированные частицы глинистого шлама могут образовать сальник на долоте и тем замедлить скорость углубки.

Указанные проблемы требуют проведения следующих мероприятий:

– иметь запасной зумпф-отстойник, на который можно было бы переключать поток раствора при чистке основного отстойника

– обеспечить достаточную – порядка 400 л/мин, при долоте 161 мм подачу бурового насоса;

– поддерживать невысокую – до 40 с – вязкость раствора (такой раствор легче размывает сальниковые скопления);

– использовать поверхностно-активные добавки, специально разработанные для предотвращения налипания сгустков глины на стальные поверхности.

Выводы:

– ингибирующий хлоркалийевый раствор является эффективным средством борьбы с кавернообразованием при бурении по глинистым породам;

– применение ингибирующих буровых растворов требует серьезной корректировки существующей технологии бурения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бассарыгин Ю.М и др. Бурение нефтяных и газовых скважин. М.: ООО “Недра-Бизнесцентр”, 2002.
2. Ивачев Л.М. Промывка и тампонирувание геологоразведочных скважин: М. Недра 1989.
3. Рязанов Я. А. Справочник по буровым растворам: М. Недра 1989.

Билецкий М.Т., Касенов А.К., Сушко С.М.

**Геологиялық шиеленістерді болдырмау мақсатында ісінетін саздарды бұрғылап өту кезінде ингибрлеуші ертінділерді пайдалану тәжірибесі.**

**Түйіндеме.** Оңтүстік Қазақстандағы уран кенорындары жағдайында геологиялық шиеленістерді болдырмау мақсатында ісінетін саздарды бұрғылап өту кезінде хлор калийлі ингибрлеуші ертінділерді қолданудың технологиялық ерекшеліктері қарастырылады.

**Өзекті сөздер:** бұрғылау; ісінетін саздар, ингибрлеуші ертінді.

Билецкий М.Т., Касенов А.К., Сушко С.М.

**Опыт использования ингибирующих буровых растворов с целью предотвращения геологических осложнений при прохождении пучащихся глин.**

**Резюме.** Рассматриваются особенности технологии применения ингибирующего хлоркалийевого бурового раствора с целью предотвращения геологических осложнений при прохождении пучащихся глин в условиях урановых месторождений Южного Казахстана

**Ключевые слова:** бурение; пучащиеся глины, ингибирующий раствор

Biletski M.T., Kasenov A.K., Sushko S.M.

**The practice of inhibiting drilling muds application for the purpose of preventing geological aggravations while penetrating bulging clays.**

**Summary.** The specifics of inhibiting potassium chloride drilling muds application technology for the purpose of preventing geological aggravations while penetrating bulging clays under conditions of the South Kazakhstan uranium ore deposits are considered in this article

**Key words:** drilling, bulging clays, inhibiting drilling muds

УДК 553.43.439(086.5)

**Я.К. Аршамов**

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан )

## **ТИПОВЫЕ МОДЕЛИ И ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Начиная с 30-50-х годов XX века, из основных типов месторождений меди медно-порфировые переходят в ранг главенствующих, что обусловлено рядом причин, но, прежде всего, возможностью организации разработки их открытым способом.

Привлекательность молибденово-медных месторождений прожилково-вкрапленных руд, или так называемых "медно-порфировых месторождений" (porphyry copper), определяется не только возможностью разработки их открытым способом, но и тем, что, наряду с основными полезными компонентами - медью и молибденом, руды этих месторождений содержат такие ценные примеси как золото, серебро, рений, селен, теллур, висмут и др. Кроме того, многие медно-порфировые месторождения относятся к числу крупных промышленных объектов, запасы металлов, в которых исчисляются миллионами тонн.

Медно-порфировые месторождения весьма благоприятны и для разработки ключевых вопросов теории рудообразования, в первую очередь, проблем связи оруденения с магматизмом, источников вещества, транспортирующих агентов и энергии рудогенерирующего процесса.

Несомненные преимущества медно-порфировых руд перед остальными типами медных месторождений издавна привлекали интерес многих геологов мира. В результате этого медно-порфировые месторождения в настоящее время хорошо изучены [1-12 и др.].

К медно-порфировым месторождениям принято относить скопления вкрапленных, прожилково-вкрапленных и прожилковых руд медного и молибденово-медного состава, ассоциирующиеся с гранитоидными интрузивными образованиями, которые обладают, как правило, порфировым сложением.

В общей генетической классификации месторождений В. И. Смирнова [1] молибден-медно-порфировые месторождения отнесены к плутоногенно- гидротермальному классу, связанному с интрузивами порфирового сложения, и разделены по преобладающему составу на кварц-молибденитовые, кварц-халькопиритовые и переходные кварц-молибденит-халькопиритовые.

В.А.Перваго [4] относит к медно-порфировым месторождениям близповерхностные (эпитеральные), образовавшиеся в связи с внедрением малых интрузий (штоки и крупные дайки от кварц-монцитового до диоритового состава) и сопровождающиеся специфически зональным гидротермальным изменением как самих интрузий, так и вмещающих пород. В.А. Перваго указывает также на преобладание прожилково-вкрапленных руд, в составе которых господствуют пирит и халькопирит, иногда сопровождающиеся борнитом и энаргитом, в меньшей степени – молибденитом и золо-

том. При этом содержание меди в первичных рудах обычно составляет 0,4-0,8 %, молибдена - от следов до 0,03-0,04%, золота - до 0,5-0,6 г/т, серебра -до 10 г/т.

А.И.Кривцовым [3] медно-порфировые месторождения рассматриваются в качестве представителей промышленного типа прожилково-вкрапленного (штокверкового) золото-медного, молибденово-медного, медно-молибденового оруденения, связанного с определенными плутоногенными формациями, входящими в вулcano-плутонические ассоциации (ВПА) андезитoidных и базальтоидных вулcano-плутонических поясов (ВПП), которые различаются по палеотектонической позиции и положению в тектоно-магматических циклах.

Месторождения медно-порфирового семейства располагаются в геоструктурах двух типов - в базальтоидных вулcano-плутонических поясах, эквивалентных внешним (барьерным) зонам островных дуг и принадлежащих к позднегеосинклинальным стадиям развития эвгеосинклиналей, и в андезитoidных вулcano-плутонических поясах, формирующихся в орогенно-активизационном режиме на субстрате различном по составу и времени образования. Таким образом, провинции, зоны и районы медно-порфирового оруденения отвечают четырем различным палеотектоническим обстановкам, что получает отражение в составе рудоносных интрузивных комплексов и руд месторождений. Эти обстановки надежно установлены в герцинских, киммерийских, альпийских и современных геоструктурах. Вместе с тем нельзя не отметить, что подавляющее большинство известных медно-порфировых месторождений принадлежит к относительно молодым металлогеническим эпохам [2].

С. Кейт и Г. Вестра (1981) при разработке классификации штокверковых молибденовых месторождений Северо-Американского континента предложили следующую группировку месторождений:

- золото-медно-порфировые, связанные с магматизмом известковой и известково-щелочной серии, проявленным в островных дугах;
- молибден-медно-порфировые, приуроченные к интрузивам известково-щелочной серии на окраине континента;
- медно-молибден-порфировые с попутной полиметаллической минерализацией, контролируемые плутонитами известково-щелочной и щелочно-известковой групп на удалении от окраины Северо-Американского континента ;
- штокверковые молибденовые вольфрамсодержащие, связанные со щелочным магматизмом энсиалических блоков;
- штокверковые молибденовые медьсодержащие, связанные с окраинно-континентальным магматизмом известково-щелочной серии.

Это позволяет рассматривать такие месторождения в качестве единого семейства и выделить в них следующие типы месторождений по составу руд: собственно медно-порфировые и золото-медно-порфировые, молибден-медно-порфировые, медно-молибден-порфировые и собственно молибден-порфировые [2].

Золото-медно-порфировые и собственно медно-порфировые (безмолибденовые) месторождения известны только в островодужных комплексах, где они находятся в тесной пространственно-временной связи с вулcano-плутоническими ассоциациями, которые образованы базальт-андезит-базальтовыми вулcanoгенными и габбро-диорит-кварц-диоритовыми (плагиигранитными) плутоногенными формациями. Такие ассоциации составляют базальтоидные вулcano-плутонические пояса; они завершают натриевые серии геосинклинального базальтоидного магматизма и закономерно сменяют во времени и по латерали однородные базальтовые и колчеданоносные контрастные и непрерывные формации.

Молибден-медно-порфировые месторождения характерны для таких андезитoidных вулcano-плутонических поясов (либо их отрезков), в основании которых преобладают эвгеосинклинальные комплексы предшествующих периодов развития. В подобной эпизевгеосинклинальной обстановке месторождения входят в известково-щелочные вулcano-плутонические ассоциации, образованные андезитовыми вулcanoгенными и габбро-диорит-гранодиоритовыми плутоногенными формациями.

Медно-молибден-порфировые месторождения располагаются в эпимиогеосинклинальных поясах, где они связаны с известково-щелочными вулcano-плутоническими ассоциациями, которые состоят из андезит-дацит-риолитовых вулcanoгенных и диорит-гранодиорит-монцитонитовых плутоногенных формаций. Собственно молибден-порфировые месторождения характерны для эпикратонных поясов и их участков, где вулканизм, как правило, не получает существенного развития, а плутоно-

генные образования принадлежат диорит-гранодиорит-гранитной формации. Важно отметить, что наиболее общими признаками таких месторождений служат:

- связь с андезитоидным магматизмом, продуцирующим устойчивые вулканоплутонические ассоциации;
- приуроченность оруденения к порфировым фазам диоритовых и диорит-гранодиоритовых комплексов;
- принадлежность руд к значительным по масштабам рудно-магматическим системам, включающим и другую рудную минерализацию;
- вхождение рудных тел в весьма крупные рудно-метасоматические системы, имеющие ярко выраженное зональное строение.

Приведенные выше признаки имеют существенное значение для целей металлогенических исследований – выделения и опознания перспективных на медно-порфировое оруденение зон.

Основные усилия геологов мира в течение прошлого века при изучении медно-порфировых месторождений сводились: к совершенствованию классификаций месторождений на формационной основе; выявлению закономерностей размещения и основанных на них критериев прогнозирования, в том числе количественных, как для медно-порфирового типа в целом, так и для отдельных групп; разработке рекомендаций по рациональной методике поисков и прогнозирования в различных геологических обстановках и выделению первоочередных для поисков перспективных площадей [2-7].

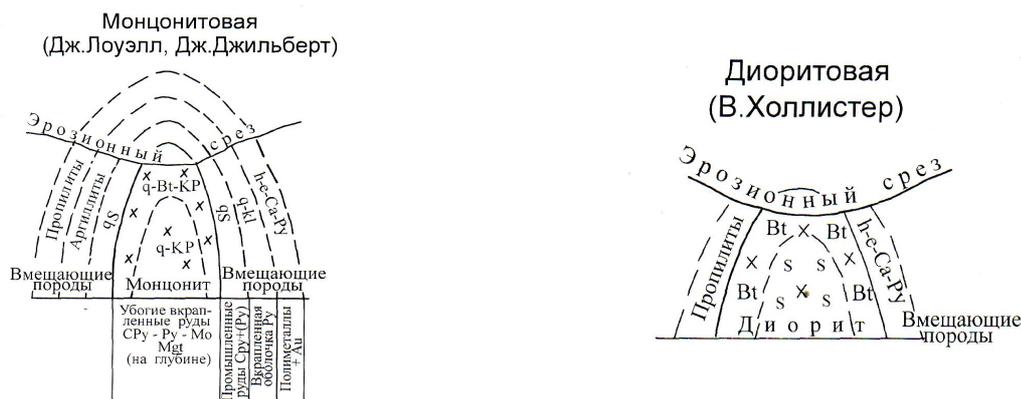
Все перечисленные задачи решались, прежде всего, в результате детального изучения минерального состава руд, зональности оруденения, гидротермально измененных пород рудных полей медно-порфировых месторождений, взаимосвязи их с месторождениями других рудных формаций и вмещающими породами, изучения детального состава магматических образований и определения их формационной принадлежности, приуроченности их к тем или иным типам геологических структур, выявлению стадий их развития и т.д.

В результате в настоящее время по медно-порфировым месторождениям накопилось весьма значительное количество фактических данных, которые дают вполне представительный материал для создания моделей типового медно-порфирового месторождения. Большинство предложенных моделей базируется на материале по месторождениям Американского континента, наиболее многочисленным и разносторонне изученным [2, 3-12 и др.]. При разработке моделей исследователи идут разными путями.

Типовые модели медно-порфировых месторождений, разработанные на примерах многочисленных месторождений западных окраин Американских континентов и островных дуг юго-восточного обрамления Азии, показывают распределение зон измененных пород и сульфидной минерализации в интрузивном теле и во вмещающих породах экзоконтактов. Известны 2 основные модели: «монцитовая», типичная для месторождений андезитоидных вулканоплутонических поясов районов первого и второго типов (разработанная Дж. Лоуэллом и Дж. Джилбертом (рис.1) [8] и «диоритовая», характерная для базальтоидных островодужных поясов и собственно медно-порфировых месторождений в районах третьего и четвертого типов, разработанная В. Холлистером (рис.1) [9].

Наиболее широко известной является модель Дж. Лоуелла и Дж. Джилберта, образующаяся на обобщении данных по 27 месторождениям Юго-западных штатов США, Чили, Канады. В качестве основы этой модели авторы взяли горизонтальную и вертикальную зональность гидротермальных пород и руд, устойчиво сохраняющуюся в большинстве месторождений, и на этом фоне рассмотрели другие характерные признаки месторождений: первичные рудоконтролирующие структуры, возраст оруденения, форму, размеры, состав, последовательность внедрения интрузии и т.д.

В представленных моделях типовая зональность метасоматической колонны, имеющая вид (от центра к периферии): *калиевый полевой шпат* → *биотит* → *серицит* → *аргиллизит* → *пропилит*, нередко нарушается, и соседние зоны могут меняться местами. Это видно в «диоритовой» модели на рисунке 1. Как можно было видеть из приведенных выше типовых рядов интрузивных пород, рудоносные интрузии представлены малыми телами (штоки, свиты даек) порфировых пород. На многих месторождениях основная промышленная минерализация (Mo, Cu), сконцентрированная обычно в эндо- и экзоконтактах интрузивного тела и представленная прожилковым типом руд, на периферии сопровождается полиметаллической минерализацией с золотом (см. «Монцитовую модель» на рис. 1).



Условные обозначения: *q* – кварц, *S* – серицит, *KP* – калиевый полевой шпат, *Vt* – биотит, *h* – хлорит, *e* – эпидот, *Ca* – карбонат, *Kl* – каолинит, *Py* – пирит, *CPy* – халькопирит, *Mo* – молибденит, *Mgt* – магнетит.

Рис. 1. Типовые модели медно-порфировых месторождений [8, 9].

В результате обработки данных 170 признаков был получен следующий ряд (в порядке уменьшения типичности), что дало возможность авторам создать сложную геологическую модель рудоносного порфирового комплекса пояса Кордильер: 1) боковая порода - основные вулканические породы мелового возраста, превратившиеся в роговообманковые; 2) разломы, контролирующие интрузии - региональные разломы север-северо-западного и (или) север-северо-восточного направления; 3) характер интрузивных пород - гранитоидная фаза: гранодиорит; порфировая фаза: кварцевый монцонит с резкими контактами; дайки: кварц-полевошпатовый порфир; имеются брекчии и диатремы; 4) морфология интрузивного комплекса: форма горизонтального разреза - удлинённая или круглая; общая форма интрузива – шток; 5) характер внедрения интрузий – пассивный; глубины - от средней до малой; 6) минерализованные породы – порфировая и гранитоидная фазы интрузий; 7) границы рудного тела – нормальные с некоторыми нарушениями; 8) геометрия рудного тела: форма горизонтального разреза - овальная или удлинённая; общая форма рудного тела – трубообразная; 9) ассоциации минералов: промежуточная зона - пирит + халькопирит; внутренняя и ядро - пирит + халькопирит + молибденит; 10) последовательная концентрическая зональность: молибденит → халькопирит → пирит → галенит → сфалерит; 11) распространённость сульфидов: пирит → халькопирит → борнит → молибденит; 12) характер гидротермальных изменений: серицит-кварцевые (филлитовые) и калишпат-биотитовые; 13) последовательная концентрическая зональность изменений: калишпат-биотитовая → кварц-серицитовая → (аргиллизитовая) зоны; 14) уровень среза – до внутренней зоны или до ядра. Эту модель авторы рассматривают как своеобразное руководство при поисках и разведке.

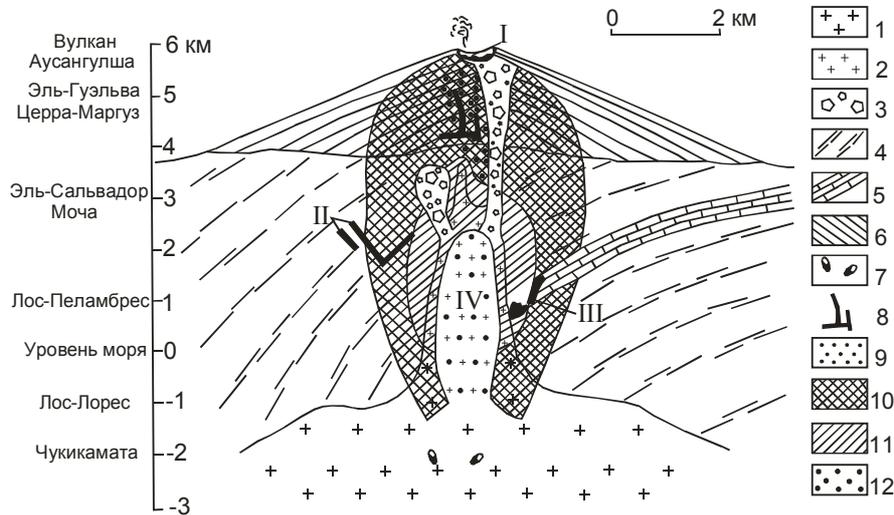
Кроме представленных, разрабатываются модели рудоносных систем, которые определяют место медно-порфировых месторождений в ряду других формаций. Это модели Р. Силлитоу (рис.2) [10], Г. М. Власова [11] М.М. Василевского [12] и др., а также модели характерных порфировых рудоносных комплексов А. Джемса (1971, рис.3). По существу, именно это и намечает две главные группы молибденово-медных месторождений: 1) образующуюся до главных фаз складчатости, именуемую, вслед за Ю.А. Билибиным, бозщакольской и 2) возникающую в орогенный этап, подразделённую на два типа (более близкоповерхностных вулканогенных месторождений - коньратский тип и более глубинных плутоногенных месторождений - кальмакырский тип).

Приведенные (признанные на сегодняшний день) модели типового медно-порфирового месторождения, построенные по материалам, как было отмечено, наиболее крупных месторождений Тихоокеанского складчатого пояса, все же приемлемы главным образом для медно-порфировых месторождений молодых мезо-кайнозойских складчатых поясов.

При рассмотрении разработанных моделей медно-порфировых месторождений фанерозойских складчатых поясов, к каковым относятся месторождения медно-порфирового типа территории СНГ – Коньрат, Бозщаколь, Коксай, Алмалыкская группа и др. [3-6, 13-18], обращает на себя внимание их

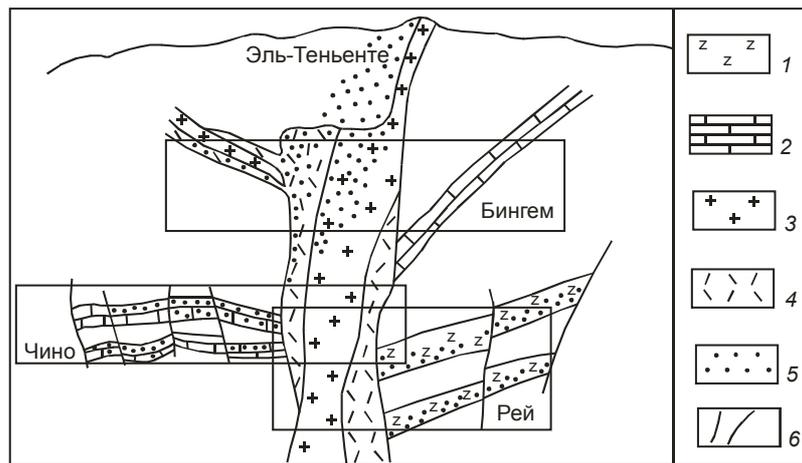
более сложный характер. Это обусловлено, в первую очередь, полициклическим развитием фанерозойских складчатых областей, характеризующихся длительной и сложной эволюцией магматизма.

Тем не менее, большую часть характеристик непосредственно рудного поля медно-порфировых месторождений, состава пород, участвующих в их строении, а также особенностей руд и гидротермальных образований, в соответствии с этими моделями, можно вполне брать за матричную основу типизации фанерозойских меднорудных проявлений.



1 – шток гранодиорит-порфиров с порфировыми медными рудами; 2 – полнокристаллические гранодиориты; 3 – explosive breccias; 4 – довулканическое основание; 5 – горизонт известняков; 6 – слои лав и пирокластов (стартовулкан); 7 – пегматитовые тела; 8 – дайки; 9 – окремнение, продвинутая аргиллизация; 10 – пропилитизация; 11 – серицитизация; 12 – калишпатизация; I – месторождения самородной серы с пиритом и марказитом; II – жилы со свинцово-цинковым и золото-серебряным оруденением; III – контактово-метасоматические медные месторождения в измененных известняках (скарнах); IV – молибдено-медные порфировые месторождения: по вертикальной оси современные уровни среза различных вулканоструктур.

**Рис. 2.** Идеальный разрез типичного медно-порфирового месторождения, по Р. Силлитоу [10].



1 – докембрийские диабазы; 2 – палеозойские известняки; 3 – интрузивные породы; 4 – палеоген-неогеновые вулканические породы; 5 – медно-порфировое оруденение; 6 – разрывные нарушения.

**Рис. 3.** Обобщенная модель интрузии, в связи с которой проявлено медно-порфировое оруденение, по А. Джемсу, 1971.

Подобных обобщений, характеризующих эталонный «образ» медно-порфировых месторождений, в многочисленных публикациях известно огромное множество. Проанализировав этот материал, пришли к выводу, что для поисковой геологии наиболее приемлемым является вариант определения медно-порфирового типа месторождений И.Г. Павловой [6] с дополнениями [19], согласно которому медное проявление может быть отнесено к медно-порфировому типу, если для него выявлены следующие признаки:

1. Образование медно-порфировых месторождений происходило в разные этапы развития складчатых областей: как до главных фаз складчатости, в связи с начальным магматизмом (на стадии островных дуг), так и после, в связи с формированием окраинно-континентальных вулканоплутонических поясов.

2. Приуроченность месторождений этого типа внутри вулканоплутонических поясов к вулканическим, вулканоплутоническим и вулканотектоническим структурам часто кольцевой и изометричной формы.

3. Пржилково-вкрапленный штокверковый характер минерализации.

4. Пространственная связь оруденения с порфировыми интрузиями преимущественно среднего состава – кварцевыми монцитит-порфирами и кислого – гранодиорит-, гранит-порфирами и кварцевыми порфирами, реже более основными – диорит порфиритами.

5. Приуроченность минерализации или непосредственно к порфировым интрузиям, или к вмещающим их породам близлежащих экзоконтактных зон: вулканитам преимущественно жерловой фации, реже – интрузивным и метаморфическим.

6. Развитие оруденения в зонах широко проявленных гидротермально измененных пород, представленных серицит-кварцевыми, биотит-калишпатовыми, аргиллизитовыми и пропилитовыми типами метасоматитов.

7. Устойчивый состав главных рудных минералов (пирит, магнетит, халькопирит, молибденит, в ряде месторождений - борнит, энаргит, халькозин) и сопутствующих им нерудных (кварц, серицит, калиевый полевой шпат, биотит, минералы группы каолина и др.)

8. Относительно низкие средние содержания меди в первичных рудах (0,3-0,8%) и значительно более высокие – в окисленных (до 1-1,5%) при сравнительно равномерном распределении в окисленных и первичных рудах молибдена (от 0,005 до 0,05%). При этом характерно изменение в рудах соотношений меди и молибдена в широких пределах: с образованием групп существенно медных, молибденово-медных и медно-молибденовых месторождений.

9. Выдержанная геохимическая зональность оруденения – Fe - Mo(Cu) - Cu(Mo) - Cu(Au)- Zn, Pb-(Au, Ag) и гидротермальных пород - биотит, калиевый полевой шпат → серицит, кварц → монториллонит, каолинит → зона пропилитовых изменений.

10. Возникновение богатых руд, в связи с процессами окисления с образованием зон вторичного сульфидного обогащения, перекрывающих более бедные первичные руды.

11. Значительные запасы месторождений, обеспечивающие добычу руды в большом масштабе и по низкой себестоимости, а также возможность разработки месторождений открытым способом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. Учебник для геологических специальностей вузов. – М.: Недра, 1989.
2. Кривцов А.И., Мигачев И.Ф., Попов В.С. Медно-порфировые месторождения мира. М., Недра, 1986.
3. Кривцов А.И. Геологические основы прогнозирования и поисков медно-порфировых месторождений. М., Недра, 1983.
4. Перваго В.А. Геология и экономика медно-порфировых месторождений. М., Недра, 1978.
5. Попов В. С. Геология и генезис медно- и молибден-порфировых месторождений. – М.: «Наука», 1977. – 201 с.
6. Павлова И. Г. Медно-порфировые месторождения. (Закономерности размещения и критерии прогнозирования). – Л.: «Недра», 1978. – 275 с.
7. Кривцов А. И., Сергейко Ю. А., Кадырбеков Л. У., Мигачев И. Ф., Сальников А. Е. Прогрессивные технологии оценки и разведки медно-порфировых месторождений. – Алма-Ата: 1987. – 215 с.
8. Lowell J.D., Guilbers T.M. Lateral and vertical alteration mineralization zoning in porphyry ore deposits. – Econ. Geol. – 1970. – Vol. 65, № 4. – P. 373-409.

9. Hollister V. F. Regional characteristics of porphyry copper deposits of South America \ Min. Eng. 1973. – Vol. 25, № 8. – P. 35-40, 51-56.
10. Sillitoe R. Geology of the los Pelambros porphyry copper deposits, Chile/ Economic Geology. – 1973. – Vol. 68, № 1.
11. Власов Г. М., Василевский М. М. Гидротермально измененные породы Центральной Камчатки, их рудоносность и закономерности пространственного размещения. – М., 1964. – 219 с.
12. Василевский М. М. Вулканизм, пропилитизация и оруденение. – М., 1973. – 250 с.
13. Каюпов А.К., Колесников В.В. Основные черты металлогении месторождений меди Джунгаро-Балхашской складчатой системы / Проблемы металлогении и рудогенеза. – Алма-Ата, 1974. – С. 239-251.
14. Месторождения меди Казахстана. Справочник. – Алматы, 1997. – 154 с.
15. Полетаев А. И. Геолого-генетические особенности медного Коунрада: автореф. ... канд. геол.-мин. наук. – Алма-Ата: ИГН АН КазССР, 1970. – 28 с.
16. Полетаев А. И., Варнавских Б.Е., Сычев В.И. Месторождение Коксай // Металлогения Казахстана: Рудные формации. Месторождения руд меди. Алма-Ата: Издательство «Наука» КазССР, 1978. – С. 103-113.
17. Нурбаев З. М., Полетаев А. И. О геологических особенностях и поисках медно-порфировых месторождений коунрадского типа // Геология медно-порфировых месторождений Казахстана и Средней Азии. – Алма-Ата, 1972. – С. 23-31.
18. Байбатша А.Б. Модели месторождений цветных металлов: Монография – Алматы, 2012. КазНТУ. – С. 264-325.
19. Сейтмуратова Э.Ю., Тюгай О.М., Сайдашева Ф.Ф. и др. Современное состояние изученности медно-порфирового оруденения и возможные пути поисков промышленных месторождений в Акшатау-Коньыратском рудном узле // Геология Казахстана. Алматы. 2008. – С. 279-289.

Аршамов Я.К.

**Мысты-порфирлі кенорындардың типтік модельдері және геологиялық-генетикалық ерекшеліктері.**

**Түйіндеме.** Мақалада мысты-порфир кенорындардың геологиялық-генетикалық ерекшеліктері сипатталады. Мысты-порфирлі кенорындардың типтік модельдері бойынша мәліметтер беріледі. Көптеген жариялымдарды талдау негізінде геологиялық іздеулерге мысты-порфир типті кенорындарды, толықтырылған іздеу белгілері берілген.

Arshamov Ya.

**Typical textures and geological and genetic traits of porphyry copper deposits.**

**Summary.** The article presents geological and genetic traits of porphyry copper deposits. It gives the information about the typical textures of porphyry copper deposits. Based on analysis of repeated publications for exploration geology it gives ore guide of porphyry copper deposits with amendments.

**Key words:** copper, porphyry copper deposits, monzonitic texture, diorite tecture, geological and genetic traits, volcanic belts.

УДК – 004.65:332.3

**А.А. Пралиева**

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА**

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.

Эффективность использования земельных ресурсов определяется рядом критериев. Среди основных из них можно отметить социальный, экологический и экономический. В зависимости от степени развития, на которой находится общество, приобретает важность тот или иной критерий.

В настоящее время, в условиях развития земельного рынка, происходит ориентация на экономический критерий эффективности, который, как правило, выражается в денежном эквиваленте, а его экономический смысл сводится к получению действительного валового дохода от управленческой деятельности (земельный налог, плата за предоставление различных картографических материалов, доход от лицензированной деятельности, предоставление информации консультационного характера и т.д.)

Система государственного земельного кадастра служит информационной основой государственного управления земельными ресурсами и экономического регулирования земельных отношений. Информационная база данных государственного земельного кадастра базируется на учетной системе земельных участков и их основных характеристик. Из-за значительных объемов информации, с которыми приходится работать, система государственного земельного кадастра автоматизированна и ведется по единым правилам, а данные заносятся в установленные законодательством формы.

Основной целью Государственного земельного кадастра (ГЗК) является создание информационной основы при осуществлении всех функций управления земельными ресурсами. Следовательно, Государственный земельный кадастр – это сложный по своей структуре документ, включающий информацию о хозяйственном, правовом, природном положении земель, качественной и количественной характеристиках земель. В то же время указанная документация может быть получена в результате осуществления действий по ведению ГЗК. Ведение ГЗК представляет собой сферу управленческой деятельности по сбору, документированию, накоплению, обработке, учету, хранению и предоставлению информации, назначение которой – информационное обеспечение принятия управленческих решений.

Ведение ГЗК – производственный процесс. Ведение Государственного земельного кадастра – это система, представляющая собой единство двух неразрывно связанных подсистем: документов и мероприятий (процесс).

Подсистема документации включает следующие группы документов:

- основные (Единый государственный реестр земель, дежурные кадастровые карты, кадастровые дела);
- вспомогательные (книги учета документов, книги учета выданных сведений, каталоги координат пунктов опорной межевой сети);

## • Технические науки

• производные (перечень земель республики, субъекта республики и муниципальной собственности, доклады о состоянии и об использовании земельных ресурсов, статистические отчеты, аналитические обзоры, производные кадастровые карты, справочные и аналитические документы).

Процесс ведения ГЗК включает основные технологические действия:

- подготовительные работы;
- формирование и учет земельных участков;
- формирование и учет территориальных зон;
- оценка земель;
- формирование отчетов об использовании земель и предоставление земельно-кадастровой информации.

При осуществлении работ по ведению государственного земельного кадастра от взаимодействия данных подсистем зависит эффективность выполняемых работ. Поэтому необходимо создать оптимальную структуру взаимодействия данных подсистем, а также повысить функциональность каждой из них. В информационном обеспечении земельного кадастра в решении данных задач основную роль занимает автоматизация и оптимизация процессов, а также создание полноценной базы данных земельного кадастра. Информационная база государственного земельного кадастра показана на рисунке 1.



**Рис. 1.** Структура информационной базы автоматизированной системы ведения государственного земельного кадастра.

Для реализации нормального функционирования базы данных земельного кадастра (БД ЗК) с целью достижения максимального экономического эффекта необходимо решение многих задач, в том числе:

- организация передачи и обмена данными между автоматизированными базами данных различных ведомств,
- внедрение и сопровождение специальных автоматизированных программ, их совершенствование,
- создание единого информационно-коммуникационного пространства органов государственного кадастрового учета, технической инвентаризации, регистрации прав на недвижимое имущество, налоговых органов, органов государственного управления и др.

Цель создания банка (базы) земельно-кадастровых данных отдельного территориального уровня – информационное обеспечение стратегического планирования и управления регионом (городом), формирования финансовой и инвестиционной политики, рационального использования земель, осуществления землеустройства, контроля за использованием и охраной земель, мониторинга земель.

Одно из главных условий создания системы ГЗК – необходимость создания и ведения централизованного банка кадастровых данных для субъектов РК и республиканского банка данных. Необходимость создания централизованного банка кадастровых данных периферийных станций админи-

стративных районов меняет не только его структуру, но и существенно сказывается на взаимоотношениях и связях как между элементами самой системы, так и всей окружающей средой (экономической, экологической, природной, социальной и т. д.).

Общие положения функционирования системы земельного кадастра основаны на общетеоретических и методических положениях системного анализа. Системная целостность земельного кадастра вытекает из его функционально-информационного аспекта и заключается в том, что вся кадастровая информация о природном, правовом, хозяйственном и экономическом положении всех объектов и субъектов земельно-имущественных отношений вне зависимости от их размещения создается с целью полного удовлетворения требований управления конкретной территорией.

Система районного уровня государственного земельного кадастра должна обеспечить:

- учет всех земельных участков юридических и физических лиц по всем категориям земель;
- учет земель, передаваемых во временное пользование;
- внесение изменения правового режима и целевого назначения земельного участка;
- получение информации о земельных участках, собственниках, землепользователях;
- получение отчетов в разрезе форм собственности, категорий земель, целевого назначения предоставленных земельных участков и т.п.;
- изготовление земельно-учетных карт (схем) в разрезе: 1) земельного участка; 2) обобщенных собственников (дачные общества, товарищества, сельские населенные пункты, кадастровый квартал); 3) сельского округа; 4) района;

На сегодняшний день законодательством создан республиканский центр автоматизированной информационной системы государственного земельного кадастра (АИС ГЗК) с целью внедрения, сопровождения, сбора, систематизации и ведения базы данных государственного земельного кадастра. Переход в автоматизированный режим ведения государственного земельного кадастра обусловлен применением ГИС-технологий, на основе которых и создана АИС ГЗК. Она предназначена для автоматизации процессов ведения ГЗК с целью повышения эффективности работы, увеличения объемов и качества оказываемых услуг, выдачи оперативных ответов на заданные запросы в виде справок с использованием интернет-технологий. АИС ГЗК ведется на разном территориальном уровне, то есть на республиканском, областном и районном. Автоматизированная информационная система земельного кадастра районного уровня является основным элементом всей системы АИС ГЗК, так как именно здесь ведутся работы по первичному учету и регистрации земельных участков, текущему учету, составлению земельной отчетности и выдаче информации.

Сведения о состоянии и использовании земельных участков, их площади, местоположении, экономических и качественных характеристиках вносятся в систему АИС ГЗК в соответствии с документами ГЗК. Эти (документы ГЗК) формируются на основании данных о межевании земельных участков, сведений, представленных правообладателями земельных участков, результатов проведения топографо-геодезических, картографических, мониторинговых, землеустроительных, почвенных, геолого-геоморфологических и иных обследований и изысканий. Важно отметить, что при оптимизации работ по ведению систематизация кадастровой информации значительно влияет на ускорение выполняемых процессов.

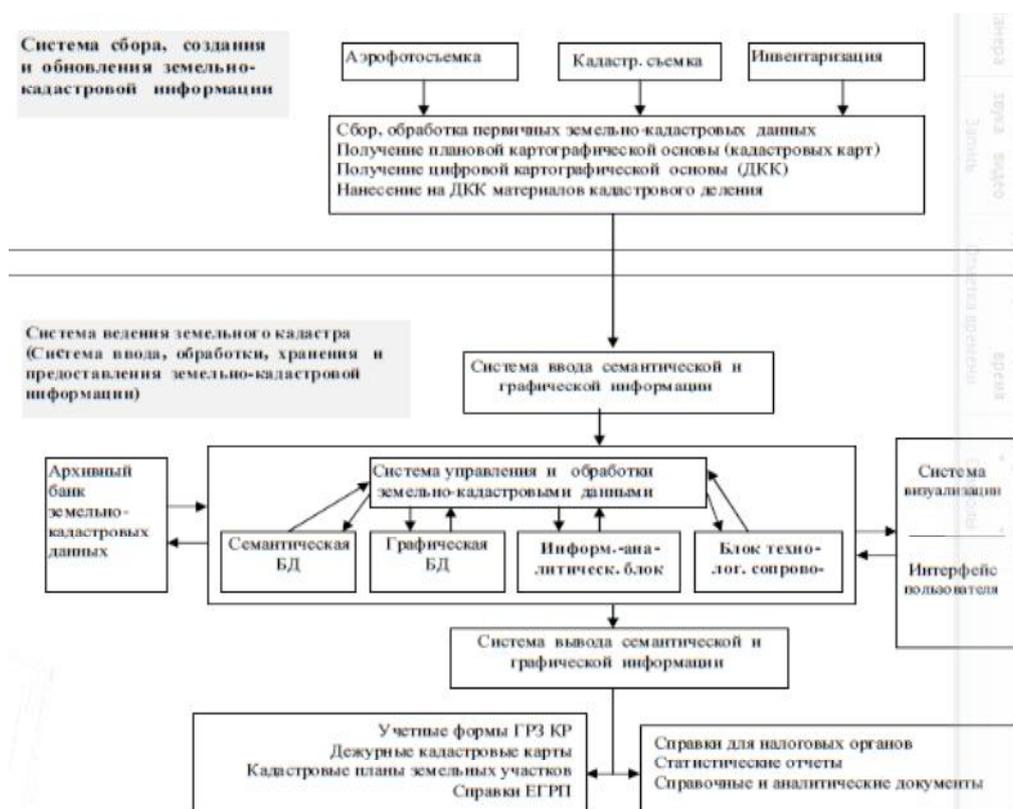
Одним из важных разработок АИС ГЗК является программный комплекс Единый государственный реестр земель (ПК ЕГРЗ), который предназначен для автоматизации технологических процессов ведения земельного кадастра в кадастровом районе. Необходимость разработки этого комплекса связана с тем, что ведение ГЗК сопровождается обработкой больших объемов информации. Эта информация различается как по содержанию (картографическая, кадастровая, правовая, экономическая, административная), так и по форме представления (графическая, текстовая, числовая). При этом ПК ЕГРЗ реализует функцию автоматизации информационного обеспечения (ведения земельного кадастра) системы управления земельными ресурсами. Информационное обеспечение ГЗК строится на основе проведения кадастровых съемок, землеустроительных, инвентаризационных, регистрационных, проектно-изыскательских, оценочных и других кадастровых работ, обеспечивающих получение и обновление кадастровых данных.

ЕГРЗ кадастрового района представляет собой функционирование двух органически связанных между собой информационно-технологических блоков:

1. Система сбора, создания и обновления земельно-кадастровой информации.

2. Система ведения Государственного земельного кадастра.

На рисунке 2 показана структурная схема информационного функционирования АИС ГЗК кадастрового района.



**Рис. 2.** Структурная схема информационного функционирования АИС ГЗК кадастрового района.

Для обеспечения сбора, обработки, хранения и предоставления земельно-кадастровых данных в ЕГРЗ создаются базы данных. Создание базы данных отвечающей необходимым требованиям и принципам ведения ГЗК, является также важным фактором при оптимизации земельно-кадастровых работ. Организация баз данных должна отвечать следующим требованиям: избыточность, эффективность доступа, совместное использование данных, расширяемость, целостность, независимость данных от программ для их обработки, защита от несанкционированного доступа. А также специфическим требованиям: обеспечивать хранение и обработку информации об объектах кадастрового учета и обеспечивать автоматизацию технологических процессов ведения ГЗК с учетом структуры организации, занимающейся ведением ГЗК. Управление базами данных осуществляется специальным программным обеспечением.

Оптимизация ведения земельно-кадастровых работ основывается на четко поставленной структурной работе, качество в которой способствует повышению эффективности протекающих процессов. В ускорении земельно-кадастровых работ большую роль играет автоматизированная система и методы, применяемые при их выполнении. ПК ЕГРЗ создает базу земельного кадастра, который намного ускоряет процесс обмена информацией между структурными подразделениями ГЗК, данный продукт является также важным инструментом при решении вопросов совершенствования государственного земельного кадастра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Земельный кодекс Республики Казахстан. № 442-2, 06.07.2003.
2. Ж. Т. Сейфуллин, Г. Ж. Сейтхамзина. Автоматизированная информационная система земельного кадастра. / учебник. / -Алматы: 2007.
3. Варламов А.А. Земельный кадастр. Теоретические основы государственного земельного кадастра. - М.: Колос, 2003. - 833с.
4. Ведение государственного земельного кадастра средствами ПК ЕГРЗ-Т: Учебник / Под ред. Г.Д. Высокинской; - Филиал ФГУП «ФКЦ «Земля» по ЮФО, 2005. - 435 с.
5. Государственный земельный кадастр. Учебное пособие / В. Л. Баденко, В. В. Гарманов, Г. К. Осипов. Под ред. проф. Н. В. Арефьева СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2002. -331-с.
6. Кузнецов, С.Д. Основы современных баз данных Текст.: // Информационно-аналитические материалы Центра информационных технологий. // [http; // www.citforum.ru/index.html](http://www.citforum.ru/index.html)
7. Волков С.Н. Землеустройство и земельный кадастр: теория, методика, практика Текст.: / Общ. ред. С.Н.Волков, А.А.Варламов.- М.: ГУЗ, 1999.-227 с.
8. Гальченко, С. А. Эффективность системы государственного земельного кадастра различных административно-территориальных уровней Текст.: Монография / С.А. Гальченко. – М.: МГИУ, 2003. -с.
9. [www.aisgzk.kz](http://www.aisgzk.kz)
10. [www.dataplus.ru](http://www.dataplus.ru)

Пралиева А.А.

**Мемлекеттік жер кадастрының ақпараттық қамтамасыздандырылуы.**

Бұл мақалада мемлекеттік жер кадастрының деректер базасы көрсетілген және мемлекеттік жер кадастрының аймақтық жүйесіне қойылатын негізгі талаптар анықталған. Сонымен қатар мемлекеттік жер кадастрының деректер базасының негізгі сұрақтары қойылған, деректер базасының бірыңғай жұмыс істеу және қалыптасуының негізгі талаптары анықталған. Мемлекеттік жер кадастрының аймақтық басқару сұрақтарын шешу үшін БМЖТ БК қолдану қарастырылған. Жер кадастрының жұмыстарын жүйелеу барысында кадастрлық аймақтың МЖК ААЖ-ның ақпараттық қызметінің құрылымдық схемасы көрсетілген.

**Негізгі сөздер:** жер кадастры, ақпараттық жүйе, деректер базасы.

Пралиева А.А.

**Информационное обеспечение системы государственного земельного кадастра.**

В данной статье показана информационная база государственного земельного кадастра, выделены основные требования к системе районного уровня государственного земельного кадастра. А так же рассмотрены задачи базы данных государственного земельного кадастра, выявлены основные требования к полноценному формированию и функционированию баз данных. Для решения вопросов ведения государственного земельного кадастра на уровне кадастрового района рассмотрено применение ПК ЕГРЗ. На основе систематизации земельно-кадастровых работ предоставлена структурная схема информационного функционирования АИС ГЗК кадастрового района.

**Ключевые слова:** земельный кадастр, автоматизированная система, база данных.

A.A. Praliyeva

**The state land cadaster's informational provision.**

This article shows the information base of the state land cadastre, and the main requirements for the system at the district level of the state land cadastre. And also considered the problems of the state land cadastre database, identified key requirements for full development and functioning of databases. For solution the issues of state land cadastre in cadastral district showed the possibility of using PC EGRZ. By systematic cadastre works provided a block diagram of informational functioning AIS SLC in cadastral area.

**Key words:** land cadastre, information system, database.

**С.Г. Кусаинов, А.С. Кусаинов, М.Т. Айткулов, М.Б. Уразов**  
 (Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
 г. Алматы, Республика Казахстан)

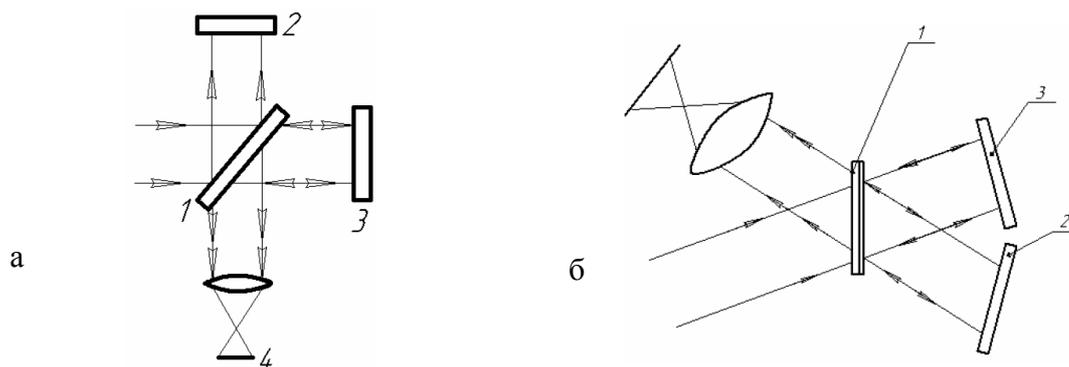
### **МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ГОЛОГРАММНО-ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Представленная работа посвящена полифункциональности голограммно-оптических элементов, в частности дифракционно-оптическому элементу – голограммной линзе Френеля. Этот оптический элемент, благодаря разработанной авторами методике, приобрел такие многофункциональные свойства как, например, оптический вычислитель, мобильный спектральный прибор, концентратор и диспергатор солнечного излучения и другие.

Разработка голограммных оптических элементов (ГОЭ) и создание на их основе новых высокопроизводительных приборов и устройств являются наиболее перспективными направлениями. Эта методика позволяет создавать новые типы оптических элементов и систем, имеющие такие функциональные характеристики, которые трудно, а иногда невозможно, реализовать с помощью традиционных оптических систем.

Полифункциональность разработанных ГОЭ обеспечивается либо внутренней структурой элемента, либо особенностями реализуемого через него хода лучей. В качестве примеров таких элементов можно привести голограммные дифракционные решетки, отличающиеся от решеток, изготовленных традиционными методами, отсутствием духов и более низким уровнем светорассеяния; голограммные линзы, обладающие изображающими свойствами бесконечно тонких линзовых компонентов; спектрально-селективные элементы для проецирования информации в поле зрения оператора; формирователи точных волновых фронтов, а также зеркала телескопов, несущие на своей поверхности голограммную структуру и обладающие за счет этого двумя эффективными центрами кривизны [1].

Приведем пример использования полифункционального ГОЭ в качестве формирователя эталонного пучка лучей в интерферометре, и одновременно в качестве светоделителя где, ГОЭ позволяет не только упростить конструкцию интерферометра но и существенно снизить требования, предъявляемые к одному из его наиболее ответственных узлов – светоделителю. Наиболее существенный вклад в искривление полос вносят ошибки формы первой поверхности светоделителя, приводя к дополнительной разности хода интерферирующих пучков лучей, практически в 4–5 раз превышающей ошибку формы [2].



**Рис. 1.**

- а) Интерферометр Майкельсона с традиционным светоделителем;
- б) Интерферометр Майкельсона с полифункциональным ГОЭ

Пусть первая поверхность светоделителя 1 (см. рисунок 1а) имеет ступенчатую ошибку формы в виде выпуклости высотой  $h$ . Тогда, в случае рассмотрения светоделителя как тонкого оптического компонента, т.е. в том же приближении, в котором мы рассматривали линзы, мы можем считать, что ошибка формы приведет к увеличению фазы волны, падающей на зеркало 2, по сравнению со случа-

ем отсутствия ошибки формы, на величину  $W_1 = 2kh$ , где  $k$  – волновое число. Отражение от плоского зеркала 2 не приведет к каким-либо изменениям рассматриваемой фазовой добавки. Отраженная от зеркала 2 волна после прохождения светоделителя будет характеризоваться фазовой добавкой  $W_1' = kh(2 - (n-1)) = kh(3-n)$ . Вторая волна, т.е. волна, прошедшая через светоделитель и падающая на зеркало 3, будет характеризоваться в этом случае обусловленной ошибкой формы светоделителя отрицательной фазовой добавкой  $W_2 = -kh(n-1)$ , где  $n$  – показатель преломления материала светоделителя. После отражения от зеркала 3 и от передней (левой на рисунке 15) поверхности светоделителя она приобретет фазовую добавку  $W_2' = -kh(n-1) - 2khn = -kh(3n-1)$ . Тогда мы можем найти обусловленную ошибкой формы светоделителя дополнительную разность фаз  $\Delta W_{1,2}$  интерференционной картины, реализуемой в классическом интерферометре Майкельсона.  $\Delta W_{1,2} = W_1' - W_2' = 2kh(n+1)$ . Соответствующая этой разности фаз дополнительная разность хода интерферирующих пучков при  $n = 1,5$  будет равна  $5h$ .

Отметим, что более точный анализ, проведенный Ю.В. Коломийцевым с учетом поперечного смещения пучка, привел к дополнительной разности хода в  $3,5h$ . Рассмотренное нами столь сильное влияние неплоскостности поверхностей светоделителя, особенно его первой поверхности, на качество формируемой интерференционной картины обуславливает предъявление к ней жесткого допуска, обычно лежащего в пределах  $0,05-0,1$  интерференционной полосы, как по местным, так и по общим ошибкам. Это, в свою очередь, приводит к существенному увеличению трудоемкости изготовления светоделителя и увеличению стоимости интерферометра. Иная картина наблюдается в представленном на рисунке 1б интерферометре Майкельсона с полифункциональным ГОЭ [1].

Поясним реализуемый в нем ход лучей. Параллельный восстанавливающий пучок лучей падает на голограмму 1, представляющую собой голографическую решетку, записанную с помощью двух параллельных пучков лучей. Здесь он разделяется на два параллельных пучка, соответствующих нулевому и первому порядкам дифракции голограммы. Пучок, соответствующий нулевому порядку дифракции, направляется на плоское зеркало 3, установленное перпендикулярно направлению распространения восстанавливающего пучка лучей. После отражения от зеркала 3 указанный пучок лучей вновь падает на голограмму и дифрагирует на ее структуре, восстанавливая с помощью голограммы параллельный пучок, направляющийся через проекционную оптическую систему на экран.

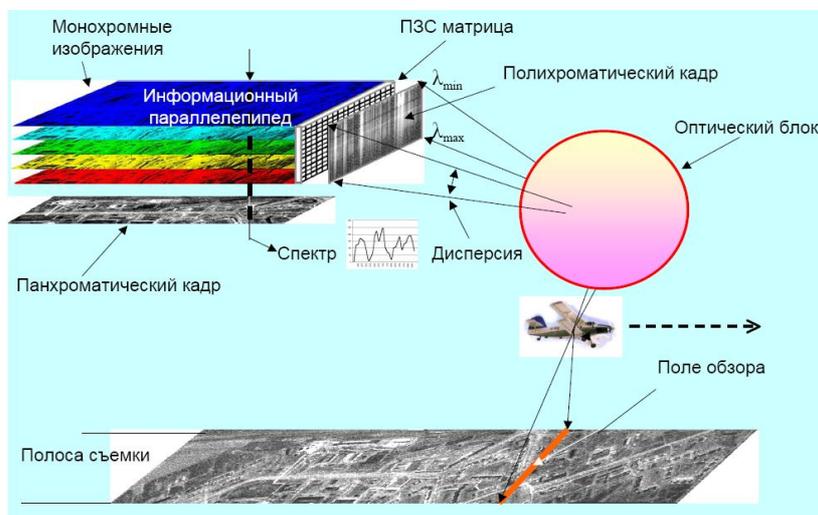
Восстановленный с помощью голограммы при первом прохождении восстанавливающего пучка лучей, пучок лучей, соответствующий первому порядку дифракции, направляется на зеркало 2, отражается от него и проходит через голограмму в нулевом порядке дифракции. При этом он по направлению распространения совпадает с пучком лучей, восстановленным с помощью голограммы при ее восстановлении пучком лучей, отраженным от зеркала 3. Суперпозиция волн, соответствующих этим пучкам, приводит к формированию интерференционной картины, наблюдаемой на экране.

В варианте интерферометра Майкельсона с голограммным оптическим элементом излучение в обеих ветвях устройства дважды проходит через выполняющий роль светоделителя полифункциональный ГОЭ и ни разу не отражается от него. Такой ход лучей обеспечивает существенно более низкую чувствительность наблюдаемой интерференционной картины к качеству поверхностей светоделителя, т. е. полифункционального ГОЭ. При этом в случае равноплечного интерферометра с абсолютно плоскими зеркалами и равными по величине углами падения пучков на ГОЭ указанная чувствительность к ошибкам поверхностей светоделителя отсутствует полностью.

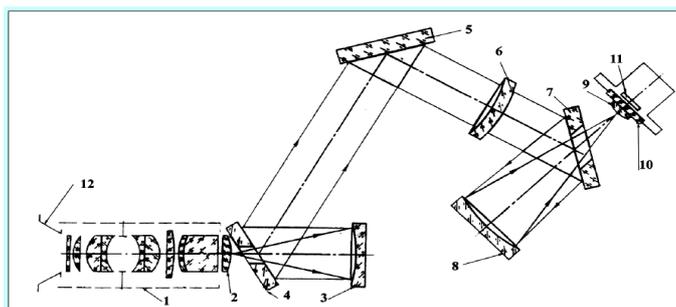
Голограммно-оптические элементы – это, в сущности, дифракционно-оптические элементы с синусоидальным профилем решеток. Такая структура дает возможность, меняя параметры пространственных частот, записанных при формировании оптических элементов, менять такой существенно важный параметр их, как разрешающая способность. Если записывать голографический оптический элемент, например, линзу, и воздействовать на указанный выше параметр (разрешающую способность) целенаправленно по разработанной нами методике, то можно создать новый голограммно-оптический элемент, который проявит новые функциональные возможности, не имеющие аналога в современной оптической технологии.

Рассмотрим, например, одно из важных и приоритетных направлений развития средств и методов дистанционного зондирования земной поверхности в современной оптической информационной технологии, к которым можно отнести видеоспектрометры, используемые на летательных устройствах и спутниках для оценки, например, экологического состояния окружающей среды. Всем специа-

листам в этой области техники известно, что представляют эти сложнейшие устройства. Основной их блок - это оптоэлектронное приемное устройство, которое принимает информацию в широком диапазоне длин волн. Один из примеров приведен на рисунке 2, где представлен принцип действия видеоспектрометра.



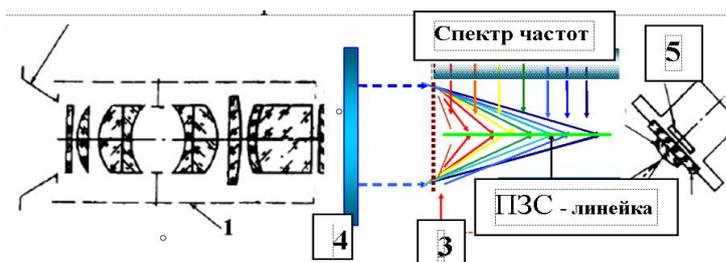
**Рис. 2.** Принцип действия видеоспектрометра



**Рис. 3.** Оптический блок видеоспектрометра

1 – входной объектив, 2 – плоско-выпуклая линза, 3 – коллиматорный объектив, 4, 7 – плоско-выпуклые зеркала, 5 – дифракционная решетка, 6 – вогнуто-выпуклый мениск, 8 – камерный объектив, 9 – составная выпукло-плоская линза, 10 – защитное стекло, 11 – ПЗС матрица, 12 – бленда.

В видеоспектрометрах реализуются принципы новой научной дисциплины – изображающей спектроскопии, когда помимо геометрических используются спектральные характеристики объектов. Появление видеоспектрометров связано с развитием новых технологий: с разработкой матричных приемников, а также с появлением полихроматоров, обладающих высоким спектральным разрешением. В состав видеоспектрометров входят две системы. Во-первых, оптическая система, которая делит регистрируемую область пространства на набор смежных точек и, во-вторых, изображающий спектрометр, который разлагает состав принятого электромагнитного излучения на набор ограниченных спектральных полос [4]. В результате видеоспектральной съемки формируется многомерное пространственно- спектральное изображение, в котором каждый элементарный участок изображения «пиксел» характеризуется собственным спектром. Такое изображение носит название «куба» информации, два измерения которого соответствуют пространственному изображению местности на плоскости, а третье характеризует спектральные свойства изображения. Практическая значимость развития видеоспектральной съемки обусловлена чрезвычайно широкими возможностями ее применения при решении задач мониторинга лесных покровов, сельскохозяйственных угодий, воздействия ионизирующих излучений, а также атмосферных и почвенных загрязнений.



**Рис. 4.** Предлагаемый оптический блок видеоспектрометра

1 – входной объектив, 2 – плоско-выпуклая линза, 3 – голограмма ДОЭ, 4 – входная бленда 5 – внешний КМОП матрица для контроля спектра частот.

В предлагаемом нами варианте видеоспектрометра заменен практический весь оптический блок устройства (см. рисунок 3), кроме входной оптики, в котором также убрана щель, значительно ограничивающая (размером около 4мм) светосилу входной оптики за счет величины апертуры. Что касается полифункционального оптического элемента ДОЭ, то он собирает и фокусирует вдоль главной оптической оси информационный сигнал всех спектральных частот, имеющих на исследуемом объекте (в данном случае на - подстилающей поверхности земли). Интенсивность, которую он выдает, пропорциональна суммарной величине площади и скорости изменения величин, а также направлению вектора перемещения любого из спектральных частот за единицу времени. Таким образом, с борта летательного аппарата готовая и необходимая проблемно-ориентированная информация в обработанном виде с помощью ДОЭ со скоростью электромагнитных волн может быть отправлено на землю. В существующей технологии на это требуется значительные затраты временных ресурсов для принятия решения, связанные с обработкой предварительных данных от видеоспектрометра на наземных пунктах и обратную связь.

Использование полифункциональных свойств голограммно- оптических элементов ДОЭ для решения актуальных задач энергетики.

Для уменьшения потерь энергии в ФЭП разрабатываются и успешно применяется различные мероприятия.

Как известно, основные необратимые потери энергии в ФЭП связаны с: 1-отражением солнечного излучения от поверхности преобразователя, 2 - прохождением части излучения через ФЭП без поглощения в нём, 3 - рассеянием на тепловых колебаниях решётки избыточной энергии фотонов, 4 - рекомбинацией образовавшихся фотопар на поверхностях и в объёме ФЭП, 5 - внутренним сопротивлением преобразователя

Для уменьшения всех видов потерь энергии в ФЭП применяют:

- 1 - направленное улучшение свойств полупроводниковой структуры путём её оптимального легирования и создания встроенных электрических полей;
- 2 - переход от гомогенных структур к гетерогенным и варизонным полупроводникам;
- 3 - оптимизация конструктивных параметров ФЭП (глубины залегания р - n перехода, толщины базового слоя, частоты контактной сетки и др.);
- 4 - использование полупроводников с оптимальной для солнечного излучения шириной запрещённой зоны;
- 5 - применение многофункциональных оптических покрытий, обеспечивающих просветление, терморегулирование и защиту ФЭП от космической радиации;
- 6 - разработка ФЭП, прозрачных в длинноволновой области солнечного спектра за краем основной полосы поглощения;
- 7 - создание каскадных ФЭП из специально подобранных по ширине запрещённой зоны полупроводников, позволяющих преобразовывать в каждом каскаде излучение, прошедшее через предыдущий каскад, и пр.

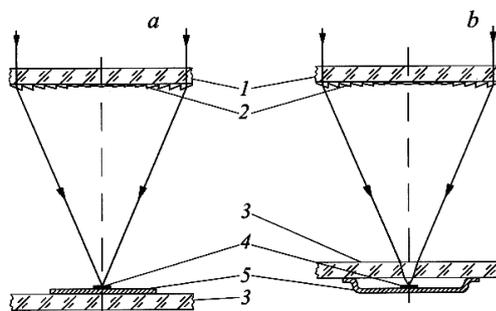
Уникальность голограммных ДОЭ заключается в том, что они могут исключить многие из перечисленных проблем и быть использованы для решения и других актуальных проблем в различных областях науки и, в частности, в технологиях энергетического сектора. Одной из таких задач является проблема, связанная с преобразованием солнечной энергии в электрическую. В последнее время

для этого предлагается концентрирование маломощной радиации электромагнитного излучения солнца с помощью разного рода концентраторов.

Использование концентраторов излучения, изготовленных из дешевых материалов, в сочетании с высокоэффективными концентраторными СЭ малой площади позволяет поднять эффективность преобразования солнечного излучения и снизить стоимость вырабатываемой фотоэлектрическими установками энергии, а следовательно, открывает путь к широкому применению фотоэлектрического метода преобразования концентрированного солнечного излучения.

Именно для решения этих задач можно использовать разработанные нами голограммно-оптические концентраторы.

Физико-техническим институтом им. А.Ф. Иоффе РАН рассмотрены два основных аспекта, определяющих конструктивный облик солнечного концентраторного модуля с трехкаскадными наногетероструктурными фотоэлектрическими преобразователями (ФЭП) – это условие эффективного концентрирования излучения линзами Френеля и условие эффективного отвода тепла от ФЭП. Определены конструктивные параметры соответствующих элементов модуля. Каждый модуль состоит из фронтальной панели малоразмерных линз Френеля и соответствующего количества ФЭП с многослойной структурой на основе InGaP/GaAs/Ge:



**Рис. 5.** Варианты схем модулей

- 1- фронтальная стеклянная панель; 2- силиконовый профиль линз Френеля;  
3 – тыльное стеклянное основание; 4 - ФЭП; 5- теплоотводящая пластинка.

В результате разработанной ими технологии увеличивается более чем в 2,5 раза количество электроэнергии, вырабатываемой с единицы площади СФЭУ (за счет большей эффективности и слежения за Солнцем), по сравнению со стационарными кремниевыми солнечными батареями.

В КазНТУ на кафедре общей и теоретической физики была разработана методика получения на основе голографической технологии концентратора солнечного излучения [6], представляющего собой голографическую синусоидальную зонную пластинку Френеля. Показаны возможности голографического оптического элемента интегрировать и фокусировать разные частоты (длины волн) вдоль оптической оси [6].

Отличительной особенностью указанной зонной пластинки является то, что она обладает как фокусирующими, так и диспергирующими свойствами. Солнечное излучение разлагается на спектр вдоль главной оптической оси, следовательно, имеется возможность на каждый спектральный диапазон устанавливать свой полупроводниковый преобразователь с соответствующей шириной запрещенной зоны, который будет находиться в оптимальном рабочем режиме. Разрешающую способность преобразователей можно менять в необходимых пределах.

На рисунке 6 показано, как линза Френеля увеличивает количество падающей световой радиации на голографическую диспергирующую линзу – концентратор, где свет разлагается на спектр от инфракрасного излучения до ультрафиолетового, и тепловая часть его отводится сразу же за голографической линзой – концентратором.

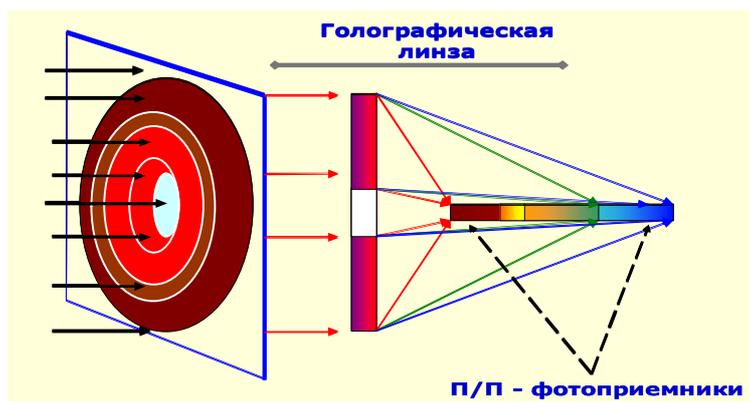


Рис. 6. голографическая линза, концентрирующая и диспергирующая солнечное излучение по длинам волн и фокусирующая их вдоль главной оптической оси

Остальные сфокусированные вдоль оптической оси длины волн фокусируются на фотоприемниках с соответствующей шириной запрещенной зоны, где оптимально и преобразуются в фототок. При соответствующем подборе фотоприемников с оптимальной шириной запрещенной зоны суммарный коэффициент преобразования может составить 40 – 50 % , а если утилизировать и тепловую часть (ИК – излучение), то общий КПД повысится еще на десятки процентов. Линза Френеля для сбора излучения необходима не только для увеличения интенсивности радиации, падающей на диспергирующий концентратор и далее на фотоприемники, но и для того, чтобы достичь оптимального коэффициента преобразования при ее данных технических параметрах, не увеличивая числа дорогостоящих полупроводниковых преобразователей, а также количества диспергирующих и фокусирующих концентраторов, более трудоемких в производстве, чем простая линза Френеля. Так как тепловая часть излучения может быть свободно отведена от полупроводниковых приборов (ПП) и даже утилизирована, то проблем с перегревом ее не может быть при любой большой концентрации световой энергии. Хотя в любом случае можно и нужно ее оптимизировать в силу различных экономических и физических соображений. Главное в этом предложении: отвод тепловой части излучения от фотоприемников; создание комфортных условий работы ПП приборам, в смысле согласования длины волны радиации с естественной шириной запрещенной зоны приемников и, как следствие, максимального КПД их работы; совмещение в одном приборе двух оптических функций – диспергирующего и фокусирующего элемента, которые могут быть изменены в связи с необходимостью. Таким образом, имеется технологическая возможность увеличения разрешающей способности концентратора как спектрального прибора, а также других физических параметров при создании гибридного оптического прибора, используя различные их дисперсионные характеристики. Предлагаемый прибор может работать как преобразователь световой энергии в электрическую, будучи тиражированным на гибкой полимерной основе.

Результатами работы, в частности, являются: новый подход к использованию и повышению разрешающей способности голограммно- оптических элементов по новой методике. Он позволил расширить круг возможностей использования ДОО как мобильного спектрального прибора, как прибора по определению экологического состояния окружающей среды, как проблемно-ориентированного информационного оптического вычислительного устройства, как диспергирующего устройства, концентратора солнечного излучения, позволяющего повысить коэффициент преобразования солнечной энергии в электрическую до 45-50%, что показано экспериментально и теоретически.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коломийцев Ю.В. Интерферометры. Основы инженерной теории, применение. Л.: Машиностроение, 1976. 296с.
2. Корешев С.Н. Интерферометры на базе полифункциональных голограммных оптических элементов //Труды ГОИ. 2000. т.84. №218. С.3- 21.

3. Груздев В.Н., Красавцев А.В., Марков А.В., Чиков К.Н., Шилин Б.В. Действующие образцы видеоспектрометров видимого – ближнего ИК диапазона для авиационных и космических носителей.
4. Алфёров Ж.И. Полупроводниковые гетероструктуры — основа развития современной электроники и высокоэффективной энергетики. <http://www.pereplet.ru/text/metelskaya18.html>.
5. Андреев В.М., Грилихес В.А., Румянцев В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. Л.: Наука. 1989.
6. Алфёров Ж.И., Андреев В.М., Румянцев В.Д. // ФТП. 2004. Т.38. Вып. 8. С. 937–948.
7. Андреев В.М., Давидюк Н.Ю., Ионова Е.А., Покровский П.В., Румянцев В.Д., Садчиков Н.А. Оптимизация параметров солнечных модулей на основе линзовых концентраторов излучения и каскадных фотоэлектрических преобразователей //Журнал технической физики. 2010. Т. 80. вып. 205;06;07;12.
8. Кусаинов С.Г., Кусаинов А.С., Буктуков Н.С., Бедельбаева Г.Е., Токтамысов Е.И. Теоретические основы оптической информационной технологии//Труды Межд. Научно-практической конференции «Естественно-гуманитарные науки и их роль в реализации программы индустриально-инновационного развития РК». Алматы: КазНТУ. 2009.
9. А.С. 1521112, 08.07.87. Кусаинов С.Г. Способ получения пропускающих голограмм. Бюл. изобрет. №41, 1989; Бюл. изобрет № 3, 15.09.96. РК; Патент № 1300 РК; Патент № 115112, Россия 17.04.96.
10. Кусаинов С.Г., Кусаинов А.С., Буктуков Н.С., Бедельбаева Г.Е., Токтамысов Е.И., Турлыбекова Г.К. Теоретические основы оптической информационной технологии// Вестник КазНТУ. 2009. №4. С. 121- 131.

Құсайынов С.Г., Құсайынов А.С., Айтқұлов М.Т., Уразов М.Б.

#### **Көпфункционалы голограмма оптикалық элементтері**

**Түйіндеме.** Ұсынылып отырған авторлардың еңбегі дифракциялық оптика элементтерінің көпфункционалық қасиетіне және голограммалық Френель линзасына арналған. Осы жұмыс авторларының ұсынған жаңа методикаларының арқасында дифракциялық оптика элементтерінің ғажайып көп функциялық қасиеті пайда болатыны анықталды. Мысалы бұл оптикалық есептегіш құрал ретінде, немесе мобильді спектраскоп, жарықты бір нүктеге жинайтын яғни концентратор құралы, және күн сәулесінің диспергаторы болып қызмет атқаратын мүмкіншілігі бар құрал болып табылады.

S.G. Kussainov, A.S. Kussainov, M.T. Aitkulov, M.B. Urazov

#### **Multipurpose holographic optical elements**

This paper deals with the multifunctional holographic optical elements in general and holographic Fresnel lens in particular. Due to the suggested production and processing cycle it possess the multiple functions namely of optical computer, spectral analyzer, focusing element and solar light concentrator.

**Kew words:** Holography, optical element, Fresnel lens, spectral analyzer, multifunctional, concentrator

УДК 620.01

**А.А. Мусабеков, С.У. Исмаилов, А.А. Сарibaев**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЗЕРКАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ**

В объектах слежения можно выделить два типа: первый тип - это объекты, которые движутся относительно Земли (самолеты, околоземные космические аппараты, Луна) в ее поле притяжения; второй тип - это объекты на небесной сфере, движение которых кажущееся (Солнце, звезды). Отличия между ними заключается в том, что если у первых движение определяется характеристиками самого объекта движения, то у вторых оно определяется законом движения Земли вокруг своей оси, движением Земли вокруг Солнца и движением Солнца в космосе. Учитывая большие расстояния от Земли до звезд, следует, например, что слежение за Солнцем или другими звездами должно в принципе осуществляться по одному алгоритму, а именно: по алгоритму движения Земли вокруг своей оси.

Уравнения движения Земли достаточно сложны, вследствие прецессии и нутаций оси вращения Земли. Известны различные аппроксимации уравнений движения, табличные (в астрономии) и приближенные аналитические уравнения [1-4], определяющие суточный закон движения Земли (принимается, что склонение постоянно) или кажущееся движение Солнца вокруг Земли. Эти уравнения

достаточно просто переводятся в местную географическую систему координат (СК) (одна из осей направлена по вертикали места). Для определения возможностей реализации алгоритма движения для программного управления зеркальной концентрирующей системой (ЗКС) необходимо оценить её возможные погрешности. В автоматизированную систему управления гелиостатом (АСУГ) могут входить следующие погрешности: - погрешности определения базы (метки) -  $\Delta_N$  (включающие погрешности независимого наведения отраженного луча на приемник -  $\Delta_{NO}$ , погрешности датчика угла ОЭД -  $\Delta_{NY}$ ), погрешности редуктора -  $\Delta_P$ , погрешности изготовления и выставления осей вращения ЗКС -  $\Delta_O$  и погрешности воспроизведения закона движения объекта -  $\Delta_D$ . Указанные погрешности приводят при программном управлении ЗКС к ошибкам ориентации ЗКС по азимуту  $\Delta_A$  и зениту  $\Delta_h$

$$\Delta_A = A_P - A \quad (1)$$

$$\Delta_h = h_P - h, \quad (2)$$

где  $A$ ,  $A_P$  и  $h_P$ ,  $h$  – действительные (относительно реальных осей) и расчетные (относительно местной СК) азимутальные и зенитальные углы поворота концентратора.

Рассмотрим уравнения движения объекта слежения (в частности, Солнца) с учетом географических координат ЗКС, реального положения осей вращения и точностных характеристики опорно-поворотного устройства.

Связь между угловым положением Солнца, ЗКС и режимом её работы (непосредственное слежение за Солнцем или направление лучей на заданный приемник) проявляется через векторное уравнение отражения [1].

$$\mathbf{n} = (\mathbf{b} + \mathbf{c}) / [2*(1 + \mathbf{b}*\mathbf{c})]^{0.5}, \quad (3)$$

где вектор  $\mathbf{n}$  определяет угловое положение ЗКС. Для наглядности в (3) единичный вектор  $\mathbf{c}$ , определяющий положение Солнца, направлен на Солнце, единичный вектор  $\mathbf{b}$ , определяющий положение отраженного от ЗКС луча, направлен на приемник. Если векторы  $\mathbf{c}$  и  $\mathbf{b}$  заданы, то из (3) однозначно определяется положение вектора  $\mathbf{n}$  или положение ЗКС в пространстве. При слежении по оптическому датчику (по падающему или отраженному лучу Солнца) необходимость в уравнении и его решении отпадает. Для программного слежения уравнение должно быть предварительно представлено в явном виде относительно углов поворота ЗКС (гелиостата).

Как видно из (3) положение вектора  $\mathbf{n}$  в пространстве или его ориентация не зависят от вида и схемы осей вращения (экваториальная, азимутально-зенитальная и др.). Однако, очевидно, что от положения осей вращения зависят проекции вектора  $\mathbf{n}$ , или углы и угловые скорости ЗКС (гелиостата).

Таким образом, для конкретизации уравнений движения ЗКС, её оси вращения должны быть заданы. А для решения задачи, очевидно, должны быть известны законы изменения векторов  $\mathbf{b}$  и  $\mathbf{c}$  во времени.

Рассмотрим вначале кратко основные параметры, характеризующие положение концентратора на поверхности Земли и основные системы координат, задачи (рисунок 1). При этом будем придерживаться систем координат используемых в [1].

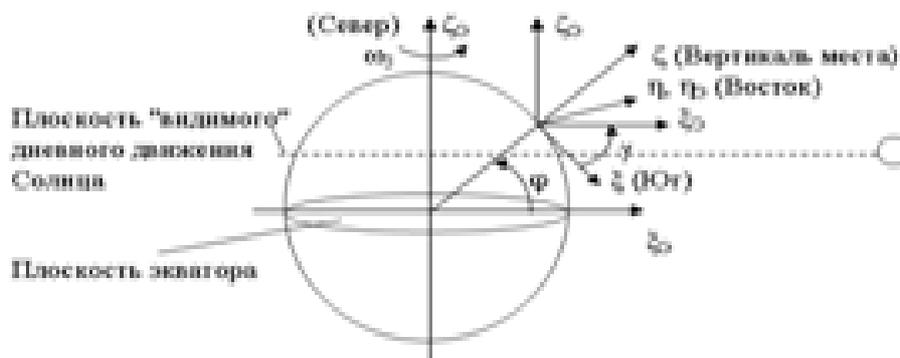


Рис. 1. Координаты положения концентратора на поверхности Земли

Как видно из рисунка 1, имеем две основные системы координат – экваториальную (СКэ), определяющую "видимое" положение и движение Солнца в пространстве в зависимости от координат места установки концентратора на поверхности Земли – широта  $\varphi$  и долгота  $\lambda_0$  (если отсчет долготы производится относительно местного меридиана то, очевидно,  $\lambda_0 = 0$ ) и местную систему координат (СКм), определяющую углы ориентации Солнца, концентратора и отраженного луча на местности.

Вследствие удаленности Солнца считается, что центры этих систем координат совпадают. Рассмотрим уравнения движения ЗКС с учетом такого фактора, как неточность выставления осей вращения. Отметим, что мы практически не рассматривали задачу влияния на движение ЗКС неточностей положения в пространстве азимутальной и зенитальной осей вращения ЗКС. С учетом подхода, разработанного в [1] - применение матрицы поворотов, рассмотрим общий случай задачи.

Для описания векторов  $\mathbf{c}$ ,  $\mathbf{b}$ ,  $\mathbf{n}$  введем следующие системы координат (СК):

"экваториальная" - СКэ с направлением осей  $O\xi_э$  - на Юг,  $O\eta_э$  - на Восток, и  $O\zeta_э$  - по оси вращения Земли (рисунок 2);

"местная" – СКм, с направлением осей  $O\xi$  - на Юг,  $O\eta$  - на Восток и  $O\zeta$  - по вертикали места (рисунок 2);

"начальная" - СКн, система координат, определяющая начальное положение осей вращения относительно СКм, с направлениями осей  $OZ$  - по неподвижной или азимутальной оси вращения,  $OY$  – вдоль подвижной "зенитальной" оси вращения и  $OX$  направлена так, что образует с осями  $OY$  и  $OZ$  правую систему координат;

"связанная" - СКг, связанная с концентратором или его центральной нормалью  $\mathbf{n}$ , с направлениями осей  $OXг$  – по нормали концентратора (гелиостата), а  $OYг$  и  $OZг$  образуют с  $OXг$  правую декартову СК.

В начальный момент времени СКг и СКн совпадают.

Этих СК, в общем, достаточно для анализа задач кинематики концентратора и в общем случае, когда имеет место "наклон" горизонтальной оси вращения на угол  $\chi$ . Т.е. и с учетом  $\chi$  формально можем применить ту же последовательность переходов между этими СК, или

$$СКэ \xrightarrow{\gamma, \theta, \psi} СКм \xrightarrow{\chi, \alpha, \beta} СКн \rightarrow СКг, \quad (4)$$

где  $\gamma, \theta, \psi, \chi, \alpha, \beta$  - углы перехода между СК (рисунок 2). Отметим, что в отличие от [5-7], углы  $\theta, \psi$  характеризуют не направленный наклон вертикальной оси, а неточности её положения относительно вертикали места.

Как видно, в отличие от [1] необходимо рассматривать более общий случай, учет угловых наклонов горизонтальной оси вращения относительно вертикальной оси вращения, концентратора (гелиостата). При этом схема перехода между СКн и СКг, куда включено угловое отклонение горизонтальной оси вращения целесообразно осуществлять в виде разового вращения горизонтальной оси ЗКС на постоянный угол  $\chi$ .

Для решения задачи в принципе нет необходимости в детализации схем перехода или углов перехода между СК, однако на практике это имеет значение, так как необходимо привязывать эти углы к возможным базам отсчета и учитывать машинные возможности воспроизведения углов, больше  $90^0$ . Будем считать, что положительный отсчет углов производится по часовой стрелке, другие отсчеты будут оговариваться. С учетом предлагаемой общей схемы переходы  $СКэ \rightarrow СКм \rightarrow СКн$  останутся неизменными. Таким образом, с учетом принятых в [5, 8, 9] правил поворотов, переходы между СК имеют вид (рисунок 2).

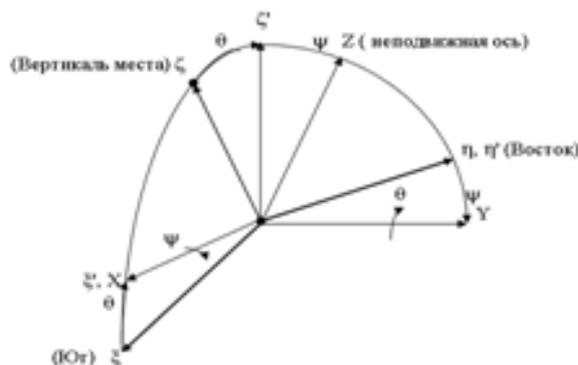


Рис. 2. Схема перехода от СКм к СКн

Приведем кратко эти переходы.

Переход от экваториальной системы СКэ к местной СКм, с учетом, что  $\gamma = 90 - \varphi$  имеет вид:

<p>" прямой переход "</p> <p>СКэ → СКм</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td><math>\xi_{\text{э}}</math></td> <td><math>\eta_{\text{э}}</math></td> <td><math>\zeta_{\text{э}}</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi</math></td> <td><math>\sin\varphi</math></td> <td>0</td> <td><math>-\cos\varphi</math></td> </tr> <tr> <td><math>\eta</math></td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td><math>\zeta</math></td> <td><math>\cos\varphi</math></td> <td>0</td> <td><math>\sin\varphi</math></td> </tr> </table>		$\xi_{\text{э}}$	$\eta_{\text{э}}$	$\zeta_{\text{э}}$	$\xi$	$\sin\varphi$	0	$-\cos\varphi$	$\eta$	0	1	0	$\zeta$	$\cos\varphi$	0	$\sin\varphi$	<p>"обратный переход"</p> <p>СКм → СКэ</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td><math>\xi</math></td> <td><math>\eta</math></td> <td><math>\zeta</math></td> </tr> <tr> <td><math>\xi_{\text{э}}</math></td> <td><math>\sin\varphi</math></td> <td>0</td> <td><math>\cos\varphi</math></td> </tr> <tr> <td><math>\eta_{\text{э}}</math></td> <td>0</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td><math>\zeta_{\text{э}}</math></td> <td><math>-\cos\varphi</math></td> <td>0</td> <td><math>\sin\varphi</math></td> </tr> </table>		$\xi$	$\eta$	$\zeta$	$\xi_{\text{э}}$	$\sin\varphi$	0	$\cos\varphi$	$\eta_{\text{э}}$	0	1	0	$\zeta_{\text{э}}$	$-\cos\varphi$	0	$\sin\varphi$
	$\xi_{\text{э}}$	$\eta_{\text{э}}$	$\zeta_{\text{э}}$																														
$\xi$	$\sin\varphi$	0	$-\cos\varphi$																														
$\eta$	0	1	0																														
$\zeta$	$\cos\varphi$	0	$\sin\varphi$																														
	$\xi$	$\eta$	$\zeta$																														
$\xi_{\text{э}}$	$\sin\varphi$	0	$\cos\varphi$																														
$\eta_{\text{э}}$	0	1	0																														
$\zeta_{\text{э}}$	$-\cos\varphi$	0	$\sin\varphi$																														

(5)

Переход от СКм к СКн (рисунок 2), связанной с вертикальной осью ЗКС (гелиостата), запишем, учитывая, что в нашем случае углы  $\theta$  и  $\psi$  малы (определяют реальное положение вертикальной оси вращения относительно вертикали места), или

"прямой переход" - СКм → СКн

	$\xi$	$\eta$	$\zeta$
x	1	0	$\theta$
y	$\theta*\psi$	1	$-\psi$
z	$-\theta$	$\psi$	1

(6)

Соответственно:

"обратный переход"- СКн → СКм

	$\xi$	$\eta$	$\zeta$
x	1	$\theta*\psi$	$-\theta$
y	0	1	$\sin\psi$
z	$\theta$	$-\psi$	1

(7)

Рассмотрим теперь схему перехода от СКн к СКг с учетом угла наклона горизонтальной оси вращения на угол  $\chi$  (рисунок 3).

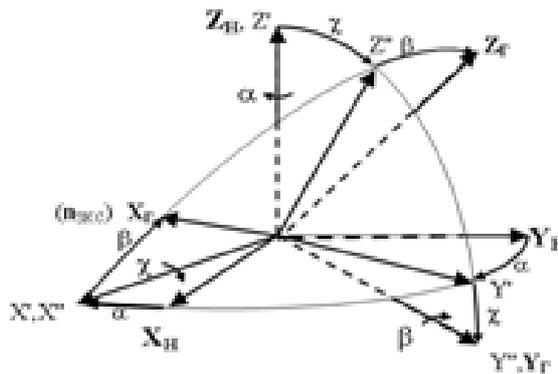


Рис. 3. Схема углов поворота от СКн к СКг

Из рисунка 3 имеем следующие матрицы перехода между СКн и СКг

"прямой переход" - СКн → СКг

	x	y	z
X <sub>г</sub>	$\cos \alpha * \cos \beta$	$-\sin \alpha * \cos \beta$	$\sin \beta * \cos \chi$
Y <sub>г</sub>	$\sin \alpha * \cos \chi$	$\cos \alpha * \cos \chi$	$-\sin \chi$
Z <sub>г</sub>	$-\cos \alpha * \sin \beta$	$\sin \alpha * \sin \beta$	$\cos \beta * \cos \chi$

(8)

"обратный переход" - СКг → СКн

	X <sub>г</sub>	Y <sub>г</sub>	Z <sub>г</sub>
x	$\cos \alpha * \cos \beta$	$\sin \alpha * \cos \chi$	$-\cos \alpha * \sin \beta$
y	$-\sin \alpha * \cos \beta$	$\cos \alpha * \cos \chi$	$\sin \alpha * \sin \beta$
z	$\sin \beta * \cos \chi$	$-\sin \chi$	$\cos \beta * \cos \chi$

(9)

Так как все эти матрицы единичные, то обратный переход осуществляется путем простого вращения элементов матрицы вокруг её левой диагонали. Отметим, что углы поворота концентратора (гелиостата) -  $\alpha$ ,  $\beta$  должны быть найдены из решения уравнения, обычно заданными являются вектор падающего солнечного излучения  $\mathbf{c}$  и его направление после отражения, или вектор  $\mathbf{b}$ . В [10] указано, что имеются различные способы определения углов поворота  $\alpha$ ,  $\beta$  – сферические треугольники, скалярное произведение, тригонометрические функции, однако наиболее простой путь - определение углов поворота из матричного уравнения. Суть метода заключается в следующем - например, нам известно положение вектора  $\mathbf{n}$  в двух системах координат, тогда из матриц перехода получаем совместную систему уравнений для определения углов поворота концентратора  $\alpha$  и  $\beta$  в осях вращения.

Применим эту схему для определения углов вращения концентратора. Для этого распишем вначале векторы  $\mathbf{b}$  и  $\mathbf{c}$ . При использовании матрицы перехода между СК эти векторы желательно определять в той СК, где их представление наиболее ясно и просто [1]. Так, для вектора  $\mathbf{c}$  – это экваториальная СК (рисунок 4), из которой следует, что в СКэ

$$c_{\xi\varepsilon} = \cos \lambda * \cos \delta; \quad c_{\eta\varepsilon} = -\sin \lambda * \cos \delta; \quad c_{z\varepsilon} = \sin \delta; \quad (10)$$

где  $\lambda$  - широта Солнца, равная

$$\lambda = \omega_3 * t, \quad (11)$$

где  $\omega_3$  - угловая скорость вращения Земли и  $t$  – время дня, отсчитываемое от полудня и  $\delta$  - долгота Солнца.

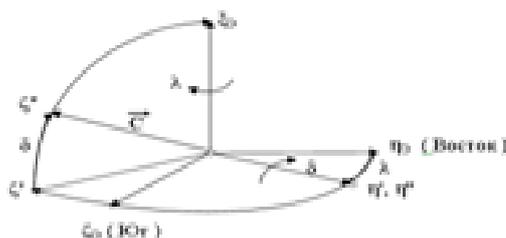


Рис. 4. Определение составляющих единичного вектора Солнца в экваториальной системе координат СКэ

Единичный вектор отраженного луча  $b$  удобно задавать в СКм и его составляющие, например, равны -  $b_\xi, b_\eta, b_\zeta$ .

Переведем в СКм и вектор  $c$ , используя матрицу перехода

$$\begin{aligned} c_\xi &= \cos\lambda \cdot \cos\delta \cdot \sin\varphi - \sin\delta \cdot \cos\varphi \\ c_\eta &= c_{\eta\varepsilon} - \sin\lambda \cdot \cos\delta \\ c_\zeta &= \cos\lambda \cdot \cos\delta \cdot \cos\varphi + \sin\delta \cdot \sin\varphi \end{aligned} \quad (13)$$

составляющие вектора  $n$  в СКм равны,

$$n_\xi = (b_\xi + c_\xi)/M; \quad n_\eta = (b_\eta + c_\eta)/M; \quad n_\zeta = (b_\zeta + c_\zeta)/M, \quad (14)$$

где, для краткости обозначено  $M = (2 \cdot (1 + bc))^{0.5}$ . Далее из матрицы, учитывая малость углов  $\theta$  и  $\psi$ , получаем, что составляющие  $n$  в СКн равны

$$\begin{aligned} n_X &= n_\zeta + n_\eta \cdot \theta + n_\xi \cdot \theta \\ n_Y &= n_\zeta \cdot \theta \cdot \psi + n_\eta - n_\xi \cdot n_\psi \\ n_Z &= -n_\zeta \cdot \theta + n_\eta \cdot \psi + n_\xi \end{aligned} \quad (15)$$

С другой стороны, из построения СКг, нам известно, что в СКг составляющие  $n$  равны: 1, 0, 0 или переводя их в СКн с помощью матрицы имеем

$$\begin{aligned} n_X^* &= \cos\alpha \cdot \cos\beta \\ n_Y^* &= -\sin\alpha \cdot \cos\beta \\ n_Z^* &= \cos\chi \cdot \sin\beta \end{aligned} \quad (16)$$

Так как это один и тот же вектор, то левые части (15) и (16), равны, т.е.

$$\begin{aligned} n_X &= n_X^* \\ n_Y &= n_Y^* \\ n_Z &= n_Z^* \end{aligned} \quad (17)$$

откуда следует, что должны быть равны и правые части (15) и (16), или получаем систему из трех уравнений:

$$\cos\alpha \cdot \cos\beta = n_X = n_\zeta + n_\eta \cdot \theta + n_\xi \cdot \theta \quad (18)$$

$$-\sin\alpha \cdot \cos\beta = n_Y = n_\zeta \cdot \theta \cdot \psi + n_\eta - n_\xi \cdot n_\psi \quad (19)$$

$$\cos\chi \cdot \sin\beta = n_Z = -n_\zeta \cdot \theta + n_\eta \cdot \psi + n_\xi \quad (20)$$

Учитывая, что угол наклона  $\chi$  горизонтальной оси относительно вертикальной есть величина постоянная, из (19) получаем выражение для угла поворота ЗКС вокруг горизонтальной оси  $\beta$

$$\beta = \arcsin (n_z / \cos\chi) \quad (21)$$

и для "азимутального" угла поворота ЗКС вокруг вертикальной оси вращения  $\alpha$

$$\alpha = \arcsin \{ -n_y / ([1 - (n_z / \cos\chi)^2]^{0.5}) \} \quad (22)$$

Как видно, в частном случае, когда  $\chi = 0$ , приходим к выражениям, полученным в [1].

Из анализа полученных уравнений движения ЗКС можно сделать, в частности, вывод, что в алгоритмах движения ЗКС необходимо обязательно учитывать неvertикальность (точное вертикальное расположение опоры) азимутальной (неподвижной) оси вращения или углы  $\theta$  и  $\psi$ , характеризующие угол наклона оси вращения относительно вертикали места. В то же время следует, что влияние угла наклона горизонтальной (зенитальной) оси вращения на уравнения движения незначительно и может не учитываться. В целом из анализа уравнений движения ЗКС следует, что уравнения движения любых звездных тел (за исключением спутников Земли) будут одинаковы и фактически определяются уравнением движения Земли. Т.е. программное управление ориентацией ЗКС за Солнцем или любым другим звездным объектом будет одинаково.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бакулин П.И. и др. Курс общей астрономии. - М., 1977, - 60 с.
2. R. Walraven. Calculating the position of the sun. // Solar Energy. - 1978. - №20. - P.393-397.
3. Archer B. Comments on "Calculating the position of the sun." // Solar Energy. - 1980. - Vol.25. - P.91.
4. Joseph J. Michalsky The Astronomical Almanac's Algorithm For Approximate Solar Position (1950-2050) Solar Energy. -1988.- Vol. 40, №3. - P. 227-235.
5. Абдурахманов А., Акбаров П.Ю., Саробаев А, Юлдашев А.А. Расширение функциональных возможностей системы управления гелиополя Большой Солнечной Печи. // Тезисы докладов 2-ой Международной конференции. -Ташкент, 2000. -С.81.
6. Комиссаров Я.С., Левин Л.Б., Раздин А.Е., Чурсин В.И. Автоматизированное управление экспериментальными исследованиями на солнечной электростанции. // «Изн. вузов. Энерг». - 1987.- № 6. - С.50-52.
7. Ливертковский Г.П., Дубилович В. М, Зарецкий Е. Ф. АСУ полем гелиостатов Крымской солнечной электростанции. // «Приборы и системы упр.». - 1987. - № 10. - С.10.
8. Шнерх А. С., Щербатюк Б. И. Ориентация гелиоприемников по Солнцу. Исслед. процесса рац. использ. топлив.-энерг. ресурсов в системах теплогазоснабж. и вентиляции». - Львов, 1988.- С.14-20.
9. Захаров С. М. Датчик системы слежения за Солнцем по углу места. «Разраб. и эксперим. исслед. помехозащит. систем обнаружения и точ. сопровождения Солнца». - М., 1988. - С.18-28.
10. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. - М.: АСТ, Астрель, 2010. -872 с.

Мусабеков А.А., Исмаилов С.У., Саробаев А.А.

#### **Айналы концентрациялық жүйенің автоматтандырылған жүйесін зерттеу.**

**Түйіндеме.** Айналы концентрациялық жүйенің (АКЖ) автоматтандырылған жүйесін оптималды басқару үшін оның мүмкін қателіктері анықталған. Қадағалау объектісінің қозғалыс теңдеулері АКЖ-нің географиялық координаттарын, айналу осінің нақты жағдайын және тіреу-бұру құрылғысының дәлдік сипаттамаларын ескере отырып қарастырылған.

АКЖ-нің алынған теңдеулері талданып, оның негізінде АКЖ-нің қозғалыс алгоритмдерінде айналу осінің азимутты (жылжымайтын) тіксіздігін (тіреудің дәл тік орналасуы) немесе жергілікті жер тіктігіне салыстырғанда айналу осінің көлбеу бұрышын сипаттайтын  $\theta$  және  $\psi$  бұрыштарын міндетті түрде ескеру керектігі туралы қорытынды жасалған.

Мусабеков А.А., Исмаилов С.У., Саробаев А.А.

#### **Исследование уравнения движения зеркальной концентрирующей системы.**

**Резюме.** Для оптимального управления автоматизированной системой зеркальной концентрирующей системы (ЗКС) определены её возможные погрешности. Рассмотрены уравнения движения объекта слежения с

учетом географических координат ЗКС, реального положения осей вращения и точностными характеристиками опорно-поворотного устройства.

Проанализированы полученные уравнения движения ЗКС, на основе которого сделан вывод, что в алгоритмах движения ЗКС необходимо обязательно учитывать неverticalность (точное вертикальное расположение опоры) азимутальной (неподвижной) оси вращения, или углы  $\theta$  и  $\psi$ , характеризующие угол наклона оси вращения относительно вертикали места.

Mussabekov A., Ismailov S., Saribayev A.

**The Research of eduoatation of mirror concentrating system movement.**

**Summary.** For optimum management automatic system mirror concentrating systems (ZKS) are determined herits possible inaccuracy. The Considered equations of the moving the object of the spying with provision for geographical coordinates ZKS, real position of the axes of the rotation and exact feature supporting-thumb device.

Will Analysed got equations of the motion ZKS, on base which is made conclusion that in algorithm of the motion ZKS necessary without fall to take into account not verticality (the exact vertical location full tilts) azimuth (still) to axis of the rotation, or corners and , characterizing corner of the slopping to axis of the rotation comparatively vertical of the place.

**Key words:** automatic system, mirror concentrating systems, supporting-thumb device.

УДК: 004.413.5

**Д.И. Ерёмин, Ю.А. Понятов**

(ДТОО «Институт космической техники и технологий», г. Алматы, Республика Казахстан)

**ПРОБЛЕМЫ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

**Аннотация.** В нынешнее время активными темпами развиваются информационные технологии, что порождает собой разработку, внедрение и повсеместное использование информационных систем различного уровня. Применение вычислительных систем под управлением специализированного программного обеспечения дает ряд преимуществ во многих сферах деятельности – от добычи полезных ископаемых до сферы обслуживания. Широкое распространение среди населения страны персональных компьютеров способствует развитию информационных технологий компаний, предоставляющих услуги и товары. Роль мобильных технологий в повседневной жизни рядовых граждан неуклонно возрастает. Так при помощи сотового телефона, смартфона или планшета уже сегодня можно осуществлять покупки, распоряжаться собственными денежными средствами, оплачивать услуги, затрачивая при этом минимум времени и не задумываясь о технической стороне происходящих процессов. Однако наряду с преимуществами и благами, предоставляемыми информационными технологиями, пользователей поджидает и ряд угроз, негативное воздействие которых может нанести огромный ущерб, как в виде финансовых убытков, так и связанных с персональной безопасностью каждого человека. Для обеспечения уверенности в том, что продукт информационной технологии является безопасным и обеспечивает определенный уровень защиты информации необходимо осуществить процесс подтверждения соответствия требованиям информационной безопасности. В статье показаны меры, которые необходимо предпринять разработчику для обеспечения возможности подтверждения соответствия информационной системы или программного продукта требованиям информационной безопасности.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, программное обеспечение, разработка, документация, стандарт.

Практически одновременно с появлением компьютерных программ и вычислительных сетей появились программы-вирусы, выполняющие несанкционированные негативные действия на вычислительных машинах пользователей. Разрабатывались и разрабатываются сейчас методы и средства проникновения в среду информационных технологий. Со временем атаки на информационные активы пополнялись новыми видами, неизменным оставалось их общее предназначение – порча и кража информации для использования ее в противозаконных целях.

Роль и ценность информации неизбежно возрастает с увеличением вовлеченности информационных технологий в сферы жизни и производства. Современные менеджеры рассматривают инфор-

мацию как один из важнейших активов, наряду с человеческими ресурсами и финансами. Вопросами обеспечения информационной безопасности занимаются специальные организации и институты, результатом работы которых являются стандарты и рекомендации. Особого внимания заслуживают такие документы, как ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207, ГОСТ Р ИСО/МЭК 17799, ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001, СТ РК ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408. Применение стандартов по информационной безопасности дает пользователям набор шаблонных методик обеспечения защиты компьютерной системы организации. Организуются новые компании, специализирующиеся на продвижении методов и средств защиты информации. В связи с этим на рынке появляются все новые и новые программные и аппаратно-программные средства для защиты данных и компьютерных систем от действия вредоносных программ и хакерских атак. Однако нельзя сказать с уверенностью, что предлагаемые средства предоставляют пользователям полную защиту от всех информационных угроз. Для подтверждения действительности этих средств они должны быть подвергнуты испытаниям. Это утверждение справедливо не только для специализированного программного обеспечения, предоставляющего расширенные функции защиты информации, но и для любых программных продуктов, работающих в составе компьютерной системы.

Подтверждение соответствия программных продуктов требованиям информационной безопасности – задача весьма не тривиальная, и для ее решения необходимо провести вполне конкретные мероприятия. Несмотря на то, что вышеупомянутые стандарты по информационной безопасности уже давно доступны для заинтересованных в их использовании лиц и организаций, применение этих стандартов на практике казахстанскими компаниями, занимающимися разработкой программного обеспечения, встречается очень редко. Возможно, причиной этого является то, что программные продукты не попадают в перечень продукции, подлежащей обязательной сертификации в Республике Казахстан. Кроме того, многие разработчики стремятся применять различные современные подходы к программированию, при которых продукт претерпевает множество изменений и документирование [1], что является одним из основных условий при подтверждении соответствия программных продуктов требованиям информационной безопасности, а это отнимает много времени. Данный факт является весьма значимым упущением софтверных компаний, поскольку внедрение программной продукции в государственные органы требует наличия сертификата соответствия требованиям информационной безопасности, к тому же любой потребитель вправе потребовать от поставщика сертификат соответствия. Положительная сторона обеспечения возможности подтверждения соответствия также проявляется в том, что наличие сертификата соответствия является большим конкурентоспособным преимуществом перед поставщиками аналогичных программных продуктов, на которые нет сертификата соответствия. Проблема подтверждения соответствия как раз заключается в том, что разработчики не уделяют должного внимания процессам документирования, а информационная безопасность может быть проверена лишь при наличии подтверждения того, что разработчик не только реализовал функции безопасности в своем конечном продукте, но и предпринял все необходимые меры по обеспечению безопасности процессов разработки.

Целью данной статьи является описание действий по обеспечению возможности подтверждения соответствия вновь разрабатываемых программных средств и программного обеспечения информационных систем. Техническая составляющая информационных систем не рассматривается. Предлагаемый авторами подход является минимально достаточным и соответствует требованиям основополагающих стандартов в области обеспечения информационной безопасности.

Изучение стандартов по информационной безопасности – процесс трудоемкий, и понимание положений этих документов приходит к читателям только при условии наличия практики в данной области. Говоря о подтверждении соответствия программных продуктов требованиям информационной безопасности, хочется подчеркнуть, что основным документом, сочетающим в себе и руководство для разработчиков программного обеспечения, и руководство для оценщика, проводящего испытания этого программного продукта или информационной системы, является СТ РК ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408. Общепринятое международное название данного стандарта – «Общие критерии» (Common Criteria, далее – ОК) [2]. Будь то разработчик, тестировщик или оценщик, без должного уровня подготовки их усилия по применению на практике положений данного стандарта сводятся к нулю. Несмотря на всеобщее признание ОК, данный документ, состоящий из трех частей, по мнению многих критиков, не совсем удобно структурирован и является сложным для изучения. Попытаемся

привести основные положения данного стандарта в виде, облегченном для понимания даже неспециалистами в области информационной безопасности.

Итак, как упоминалось ранее, стандарт ОК состоит из трех частей. При этом, первая часть стандарта предоставляет основные понятия безопасности информационных технологий, вторая часть описывает функциональные требования безопасности, третья часть содержит требования доверия к безопасности.

Дадим некоторые определения для установления единой терминологии в соответствии со стандартом. Сама информационная система или программный продукт в терминах стандарта называется Объект оценки (ОО). Активы – информация или ресурсы, подлежащие защите контрмерами. Контрмеры реализуются функциями безопасности объекта (ФБО). Для общего понимания опишем принятую модель обеспечения информационной безопасности [3].

За сохранность рассматриваемых активов отвечают их владельцы, для которых эти активы имеют ценность. Будем считать, что владельцами являются пользователи ОО. Существующие или предполагаемые нарушители также могут придавать значение этим активам и стремиться использовать их вопреки интересам владельца. Владельцы будут воспринимать подобные угрозы как потенциал воздействия на активы, приводящего к понижению их ценности для владельца. Владельцы активов будут анализировать возможные угрозы, чтобы определить риски. Анализ может помочь при выборе контрмер для противостояния угрозам и уменьшения рисков до приемлемого уровня.

Контрмеры предпринимают для уменьшения уязвимостей и выполнения политики безопасности владельцев активов (прямо или косвенно распределяя ее между этими составляющими). Уязвимости могут использоваться нарушителями, представляя уровень остаточного риска для активов. Владельцы будут стремиться минимизировать этот риск, задавая дополнительные ограничения.

На рисунке 1 представлена структурная модель обеспечения информационной безопасности, внимательное рассмотрение которой позволяет сформировать четкое первоначальное представление о процессах.

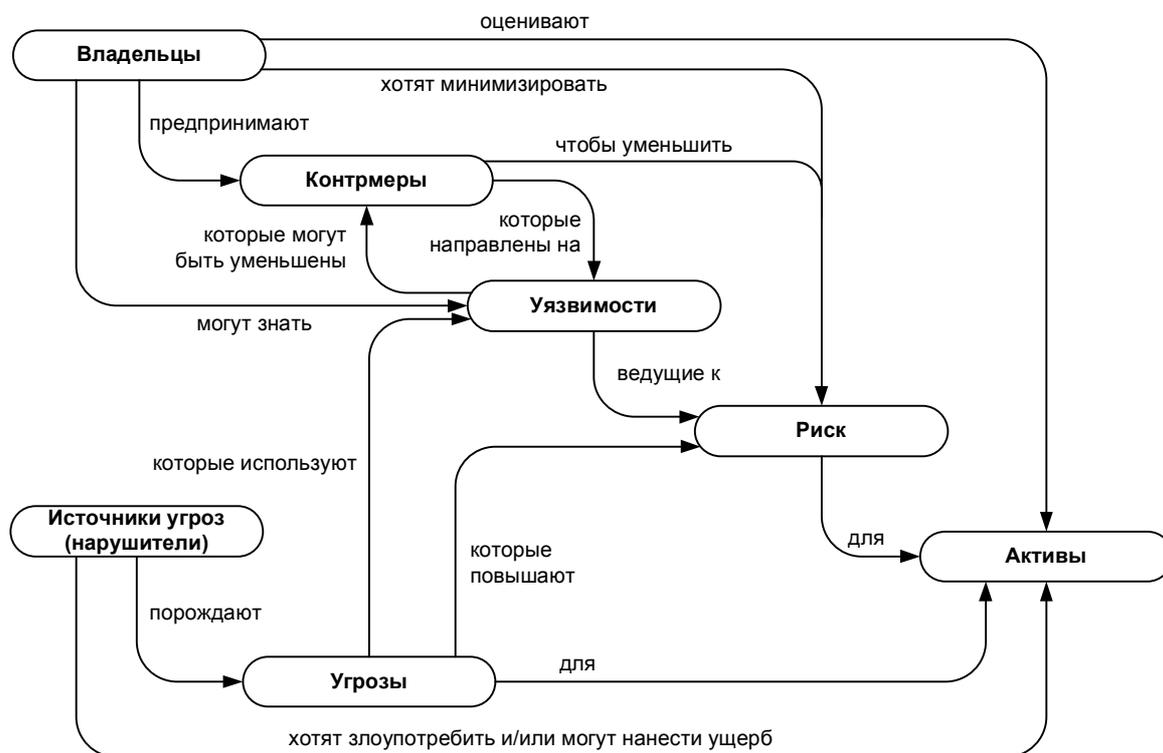


Рис. 1. Модель обеспечения информационной безопасности

Вторая часть стандарта ОК (Функциональные требования безопасности) предоставляет набор функциональный классов, семейств и компонентов, описывающих функции безопасности объекта

## • Технические науки

(ФБО), для которого реализуется защита [4]. В идеальном случае, ФБО должны предусматривать выполнение всех положений политики безопасности организации, эксплуатирующей ОО. Стандарт ОК выделяет следующие три иерархических составляющих, из которых формируются функциональные требования: класс, семейство, компонент. Наглядное представление данной иерархии представлено на рисунке 2.

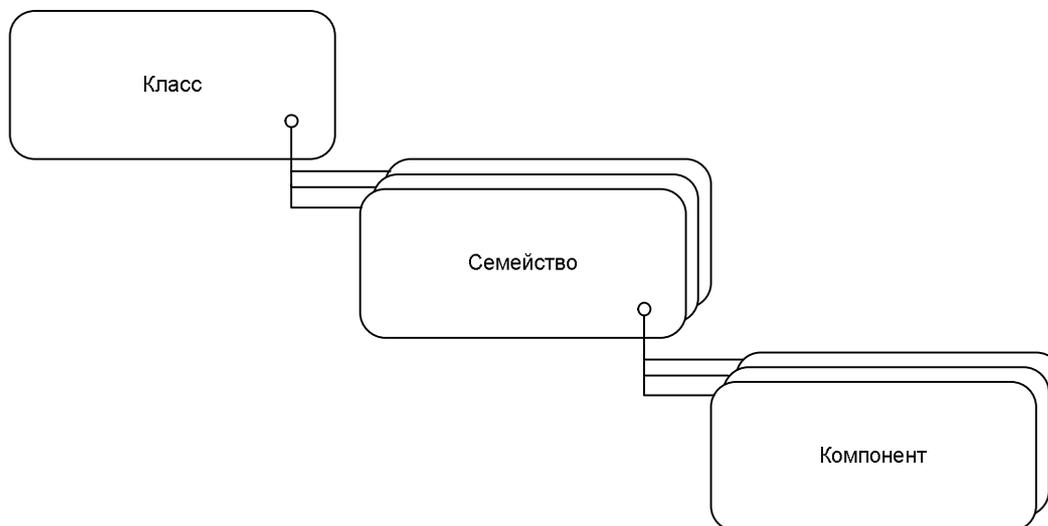


Рис. 2. Иерархия элементов функциональных требований

Теперь поясним для чего нам, как разработчикам, нужно понимание представления функциональных требований. Дело в том, что одним из основных документов, требуемых при подтверждении соответствия, является Задание по безопасности (ЗБ), в котором разработчики как раз указывают соответствие между ФБО, реализованными в ОО, и функциональными классами. Также разработчик четко указывает соответствие между угрозами, идентифицированными разработчиком, и реализованными ФБО, направленными на предотвращение этих угроз.

В таблице 1 перечислены функциональные классы требований безопасности, рекомендуемые стандартом к использованию.

Таблица 1. Функциональные классы требований безопасности.

Обозначение функционального класса	Имя класса
FAU	Аудит безопасности
FCO	Связь
FCS	Криптографическая поддержка
FDP	Защита данных пользователя
FIA	Идентификация и аутентификация
FMT	Управление безопасностью
FPR	Приватность
FPT	Защита функций безопасности объекта
FRU	Использование ресурсов
FTA	Доступ к объекту оценки
FTP	Доверенный маршрут/канал

Третья часть стандарта ОК дает исчерпывающий перечень требований доверия к безопасности ОО. Данная часть стандарта представляет собой руководство к действию для оценщика, проводящего испытания информационной системы или программного продукта. Что подразумевается под термином «доверие»? Доверие – основа для уверенности в том, что продукт или система информационных технологий (ИТ) отвечают целям безопасности [5]. ОК обеспечивает доверие с использованием ак-

тивного исследования – оценки. Структура элементов доверия подобна структуре элементов функциональных требований (см. рис. 2). В таблице 2 представлены классы доверия к безопасности.

Таблица 2. **Классы доверия к безопасности.**

Обозначение класса доверия	Имя класса
ACM	Управление конфигурацией
ADO	Поставка и эксплуатация
ADV	Разработка
AGD	Руководства
ALC	Поддержка жизненного цикла
ATE	Тестирование
AVA	Оценка уязвимостей

Рассмотрим приведенные классы доверия с точки зрения охватываемых ими процессов и мер.

Управление конфигурацией (УК) – комплекс мер и средств, направленных на обеспечение целостности ОО, установление и контроль порядка уточнения и модификации ОО, уточнение и предоставление информации, связанной с ОО. Говоря простым языком, к УК относятся меры и программные средства, позволяющие отслеживать изменения, вносимые в программный код, вести нумерацию версий выпусков продукта и связанную с разработкой документацию, обеспечивать возможность «отката» к любой из предыдущих версий. К таким средствам можно отнести программный продукт IBM Rational Clear Case. Существуют также более примитивные программные продукты – Subversion, Redmine.

Поставка и эксплуатация – меры и процедуры, предусматривающие обеспечение получения конечным пользователем именно того программного продукта, который он заказывал. Процедуры должны обеспечивать неизменность ОО на любой стадии поставки пользователю, причем, неважно, получает пользователь коробочный вариант программы или скачивает ее из сети Интернет.

Разработка включает в себя не только деятельность по написанию программного кода, но и этапы планирования функций безопасности объекта (ФБО) с пошаговым уточнением на каждом уровне детализации. Изначальные требования излагаются в задании по безопасности и на протяжении разработки конкретизируются до этапа выпуска готового продукта.

Руководства – меры, направленные на обеспечение достаточного документирования конечного продукта разработка эксплуатационной документации. Требуется, чтобы инструкции обеспечивали безопасную настройку и работу ОО в соответствии с реализованными ФБО.

Поддержка жизненного цикла – меры, направленные на обеспечение безопасности самой среды разработки, а также на соблюдение жизненного цикла разработки.

Тестирование – комплекс мероприятий, выполняемых разработчиком, результаты которых должны быть представлены оценщику. Оценщик по своему усмотрению может провести независимое тестирование, расширяющее тесты разработчика.

Оценка уязвимостей включает в себя мероприятия по выявлению скрытых каналов путем исследования исходного текста программ, анализа структуры на различных уровнях представления с целью поиска «слабых мест», которые злоумышленник может использовать в своих целях.

Теперь перейдем к основной цели данной статьи – дать необходимую информацию о задачах, выполнение которых позволит разработчикам обеспечить возможность подтверждения соответствия разрабатываемой информационной системы или программного продукта.

В первую очередь, оценке подлежит Задание по безопасности (ЗБ). Данный документ представляет разрабатываемый ОО в ракурсе защищенности. Информация, включаемая а данный документ, подробно описана в Приложении В первой части ОК (СТ РК ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-1). Если разработчик использовал для реализации обеспечения безопасности ОО профиль защиты (ПЗ), то ПЗ также подлежит оценке при подтверждении соответствия. После оценки ЗБ оценщик делает вывод о достаточности реализованных ФБО для применения в описанной среде. Оценка ЗБ является неотъемлемой частью процедуры подтверждения соответствия программного продукта или информационной системы.

Как упоминалось выше, соответствие объекта оценки устанавливается на основе доверия, которое подтверждается выполнением конкретных действий оценщика и предоставлением конкретных доказательств разработчиком. Стандарт ОК предусматривает 7 оценочных уровней доверия (ОУД). Каждый последующий уровень требует использования большего числа элементов доверия и, соответственно, доказательств. Чем выше выбранный для подтверждения оценочный уровень, тем больше доказательств соответствия разработчик должен представить оценщику. Далее рассмотрение будет проводиться на примере первого оценочного уровня доверия – ОУД 1.

Для ОУД 1 необходимо предоставление минимума документов от разработчика, по сравнению с другими ОУД. Однако то, что данный ОУД включает в себя функциональное тестирование, позволяет принимать его за достаточный уровень доверия к безопасности. Подтверждение соответствия информационной системы или программного продукта на соответствие ОУД 1 позволяет использовать их в государственных органах Казахстана, если заказчик не требует иное. В таблице 3 приведены компоненты доверия, входящие в ОУД 1, иными словами – то, что подлежит проверке при подтверждении соответствия требованиям информационной безопасности по ОУД 1.

Таблица 3. Компоненты доверия ОУД 1

Класс доверия	Компонент доверия
Управление конфигурацией	АСМ_САР.1 Номера версий
Поставка и эксплуатация	ADO_IGS.1 Процедуры установки, генерации и запуска
Разработка	ADV_FSP.1 Неформальная функциональная спецификация
	ADV_RCR.1 Неформальная демонстрация соответствия
Руководства	AGD_ADM.1 Руководство администратора
	AGD_USR.1 Руководство пользователя
Тестирование	ATE_IND.1 Независимое тестирование на соответствие

Приведем конкретнее, что необходимо предпринять разработчику для того чтобы обеспечить возможность подтверждения соответствия требованиям информационной безопасности по ОУД 1 на примере разработки веб-приложения Унифицированной системы передачи данных (УСПД).

По требованиям класса доверия Управление конфигурацией разработчик должен предоставить маркировку для ОО. То есть каждый носитель информации с ОО, поставляемый конечному потребителю, должен быть однозначно промаркирован, чтобы пользователь мог установить, какую версию ОО он использует. Помимо этого, разработчик может указывать версию на экране приветствия, в разделе справочной системы продукта и т.д. Согласно ОУД 1, разработчику необязательно использовать полнофункциональную систему УК, достаточно хотя бы применять систему нумерации версий. Оценщик должен подтвердить, что ОО данной версии соответствует зарегистрированному в системе нумерации версий. Для подтверждения обычно применяются контрольные суммы файлов дистрибутива. Для управления версиями авторами применяется программное обеспечение Subversion версии 1.7. Данное программное обеспечение позволяет разработчикам централизованно контролировать изменения, вносимые каждым участником проекта – программистом, поддерживает ветвление версий и слияние версий. Кроме того, для отслеживания ошибок в разработке и для управления проектом применяется серверное программное обеспечение Redmine версии 2.3.1. Функциональность данного программного обеспечения помогает разработчикам учитывать и контролировать ошибки, найденные в программах, учитывать пожелания пользователей, а также следить за процессом их устранения. Помимо этого, функциональность Redmine позволяет разработчикам контролировать ход выполнения задания программистом, составлять график работ, строить диаграмму Ганта.

Класс доверия Поставка и эксплуатация включает в себя требования по процедурам установки, генерации и запуска и подразумевается, что во время установки, загрузки программы в память и момента начала работы объект оценки не может перейти в опасное состояние, способное нарушить режим безопасности и/или повредить данные. Разработчик должен четко описать процесс установки и запуска в руководстве администратора. Оценщик в свою очередь должен подтвердить, что описанные процедуры соответствуют действительному ходу установки и запуска программы и являются безопасными. Разрабатываемое веб-приложение УСПД не устанавливается пользователем на компьютер,

а запускается на выполнение в среде браузера. Развертывание системы производится в защищенной среде на серверах и заключается в настройке веб-сервера, сервера базы данных, размещении скриптов, установке разрешений к системным папкам на серверах. Соответственно, нами разработан специальный раздел руководства администратора, где приводится полное описание порядка действий администратора, выполнение которых позволяет безопасным образом сконфигурировать продукт.

Под неформальной функциональной спецификацией понимается документ, в котором описываются простым естественным языком все функции безопасности, реализованные в ОО. Разработчик должен описать на верхнем уровне видимого пользователем интерфейса все ФБО. Оценщик в свою очередь должен убедиться, что неформальная функциональная спецификация представляет все функциональные требования безопасности, указанные в ЗБ. Разработанная авторами неформальная функциональная спецификация является документом, разрабатываемым на стадии проектирования. Неформальная функциональная спецификация показывает представление разработчиков о том, каким образом будут реализованы ФБО, приведенные в задании по безопасности. К примеру, в задании по безопасности сказано, что аутентификация должна проводиться по двум признакам – логин и пароль, а неформальная функциональная спецификация должна давать представление об интерфейсе с эскизом диалогового окна аутентификации.

Неформальная демонстрация соответствия направлена на то, чтобы оценщик убедился, что в процессе разработки функциональные требования безопасности (ФТБ) не изменялись, а дополнялись. Разработчик должен представить соответствие между требованиями, описанными в ЗБ и в функциональной спецификации. Вид демонстрации соответствия четко не оговаривается, но предпочтительнее представлять ее в виде таблицы, где более абстрактные представления ФБО (по столбцам) пересекаются с менее абстрактными (по строкам), тем самым, перекрытие будет означать их соответствие. В функциональной спецификации приведена таблица в заголовках столбцов которой перечислены функции безопасности, а в заголовках строк – обозначения функциональных требований безопасности. Функции безопасности, реализующие соответствующие требования безопасности, обозначаются на пересечении столбцов и строк. Это дает четкое представление о том, какие требования безопасности учтены при разработке. Например, задано 5 попыток авторизации, по достижении которых система прекратит установление сеанса работы и заблокирует пользователя. Данная функция соответствует требованиям компонента безопасности FIA\_AFL (Идентификация и аутентификация. Отказы аутентификации). Разграничен доступ, а также защищен пароль с использованием хеш-функции по алгоритму SHA2-256 бит. Данная функция безопасности соответствует требованиям FDP\_SDI (Защита данных пользователя. Целостность хранимых данных).

Руководства администратора и пользователя – это обязательные документы, которые должны быть подготовлены разработчиком. По своему содержанию данные документы должны быть дополнены в части описания методов и приемов работы с функциями безопасности. Руководство администратора должно давать четкие инструкции относительно безопасных способов управления ОО, контроля привилегий других пользователей, должен быть приведен перечень контролируемых параметров, например, количество одновременно работающих пользователей, место на диске и т.д., описание сообщений программы. В руководстве пользователя должны содержаться описание порядка работы пользователя, обеспечивающего безопасный режим эксплуатации ОО. Данные документы разработаны и содержат все обязательные положения. Кроме того, оформление данных документов соответствует требованиям единой системы программной документации (ЕСПД) для обеспечения унификации.

Независимое тестирование на соответствие – проведение тестов, направленных на установление правильности функционирования некоторого подмножества ФБО. От разработчика требуется только представить ОО, пригодный для тестирования. Оценщик должен самостоятельно подготовить тесты, протестировать выбранное подмножество ФБО и заключить, что ФБО реализуются в соответствии со спецификациями и руководствами.

Как видно из представленных пояснений, оценка соответствия требованиям информационной безопасности по ОУД 1 требует минимального набора документов разработки и может проводиться практически без привлечения разработчиков. Достижение более высокого ОУД возможно только при увеличении количества проверок и доказательств, которые не рассматриваются в данной статье.

В соответствии с ОУД 1 от разработчика требуется только предоставить на испытания сам объект оценки – программный продукт или информационную систему, а также несколько документов:

задание по безопасности, неформальную функциональную спецификацию, неформальную демонстрацию соответствия, руководство администратора, руководство пользователя. Данный уровень доверия не требует от разработчика демонстрации и передачи на исследование исходного текста программ, что зачастую является очень сложной задачей. Так как многие разработчики, в частности зарубежные, рассматривают исходный код как коммерческую тайну, то получить листинги программ для того, чтобы сертифицировать продукт на более высокий оценочный уровень доверия не представляется возможным. Несмотря на то, что ОУД 1 не требует анализа уязвимостей с применением исследования исходного кода, опытный оценщик сможет составить тесты, позволяющие определить явные нарушения режима безопасности, даже при проведении независимого тестирования методом «черный ящик», при котором оценщик взаимодействует с ОО только посредством доступной пользователю функциональности и не видит логики работы программы или системы.

В заключение хотелось бы сказать, что применение стандартов позволяет разработчикам не только обеспечить формальное соответствие требованиям, что необходимо для получения сертификата соответствия, но и поднять уровень подготовленности и квалификацию персонала, обеспечить более контролируемый и прослеживаемый процесс разработки, повысить качество и безопасность конечного продукта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99. Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств.
2. Общие критерии. Сайт ООО "Центр Безопасности Информации". [В Интернете] 2013 г. <http://www.cbi-info.ru/common.htm>.
3. СТ РК ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-1-2006. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 1. Введение и общая модель.
4. СТ РК ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-2-2006. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 2. Функциональные требования безопасности.
5. СТ РК ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-3-2006. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 3. Требования доверия к безопасности.

#### REFERENCES

1. GOST R ISO/IEC 12207-99. Information Technology. System and software engineering — Software life cycle processes.
2. Obshhie kriterii. Sajt ООО "Centr Bezopasnosti Informacii". [In Internet] 2013 y. <http://www.cbi-info.ru/common.htm>.
3. ST RK GOST R ISO/IEC 15408-1-2006. Information technology. Security techniques. Evaluation criteria for IT security. Part 1. Introduction and general model.
4. ST RK GOST R ISO/IEC 15408-2-2006. Information technology - Security techniques - Evaluation criteria for IT security - Part 2: Security functional requirements.
5. ST RK GOST R ISO/IEC 15408-3-2006. Information technology. Security techniques. Evaluation criteria for IT security. Part 3. Security assurance requirements.

Ерёмин Д.И., Понятов Ю.А.

#### **Ақпараттық жүйе әзірлейтін ақпараттық қауіпсіздікті анықтау мәселелері.**

**Түйіндеме:** Мақалада ақпараттық қауіпсіздік талаптарына ақпараттық технологиялар өнімдерінің сәйкестігін растайтын мүмкіндікті қамтамасыз ету үшін әзірлеуші орындайтын іс-шаралар сипатталған. Ақпараттық қауіпсіздік саласында нормативтік құжаттардың ережелері жазылған. Аталған тәсілдеме сертификациялау, сәйкестендіруді растау мақсатында ең аз жеткілікті болып табылады. Авторлар деректерді тасымалдаудың бірыңғайланған жүйесінің веб-қосымшалар әзірлеу үлгісінде стандарттарды орынды пайдалануды дәлелдейді. Мақаланың мәтіні бойынша тақырыптық саланың стандарттарына сәйкес қысқартулар қолданылған.

**Түйінді сөздер:** ақпараттық қауіпсіздік, бағдарламалық қамтамасыз ету, әзірлеме, құжаттама, стандарт.

Ерёмин Д.И., Понятов Ю.А.

**Проблемы подтверждения информационной безопасности разрабатываемых информационных систем.**

**Резюме.** В статье описаны мероприятия, которые следует выполнить разработчику для обеспечения возможности подтверждения соответствия продукта информационной технологии требованиям информационной безопасности. Приведены положения нормативных документов в области информационной безопасности. Данный подход является минимально достаточным для целей подтверждения соответствия, сертификации. Авторы подтверждают целесообразность использования стандарта на примере разработки веб-приложения унифицированной системы передачи данных. По тексту статьи применяются сокращения, в соответствии со стандартами предметной области.

**Ключевые слова:** информационная безопасность, программное обеспечение, разработка, документация, стандарт.

Yeryomin D.I., Ponyatov Y.A.

**Confirmation of information security problems developed information systems.**

**Summary.** The article describes the activities that must be performed to enable the developer to confirm the suitability of the product information technology requirements of information security. Given the provisions of regulations in the field of information security. This approach is minimally sufficient for the purposes of conformity assessment, certification. The authors acknowledge the feasibility of using the example of a standard Web application development of a unified system of data transmission. According to the text of article used abbreviations in accordance with the standards of the domain.

**Keywords:** information security, software development, documentation, standard.

УДК 004.416.6

**М.А. Жумашев**

(Международный университет информационных технологий, г. Алматы, Республика Казахстан)

**ОБЛАЧНЫЙ СЕРВИС ПОСЫЛКИ СООБЩЕНИЙ  
НА МОБИЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НА БАЗЕ ANDROID**

**Аннотация.** Большинство приложений, используемых в мобильных устройствах, нуждаются в доступе к сети Интернет для обновления данных. Один из способов обновления данных – периодическое обращение к серверу (такой подход называется Polling). Если на сервере не обнаруживается новых данных, то приложение впустую использует сетевой трафик и расходует заряд батареи мобильного устройства.

Существует альтернативный подход к обновлению данных, при котором сам сервер обращается к мобильному приложению, как только появляются обновления (такой подход называется Push). Если нет определенного графика появления обновлений, этот подход более предпочтителен.

Операционная система Android, начиная с версии 2.2, поддерживает Push-технологию.

Данный сервис называется "Cloud to Device messaging" (облачный сервис посылки сообщений на мобильные устройства на базе Android).

Android Cloud to Device Messaging (C2DM) – это предоставляемый разработчикам компанией Google сервис посылки сервером сообщений приложениям на их устройствах под управлением операционной системы Android. Этот сервис реализует простой механизм, который может использоваться, чтобы оповестить мобильное приложение о необходимости связаться с сервером напрямую для обновления или сбора информации. C2DM отвечает за очередность доставки сообщений на целевое приложение, установленное на определенном устройстве.

**Ключевые слова:** Android, Push, сообщение, экономия, трафик, батарея.

**Принцип работы C2DM**

В C2DM имеются три основные части: сервер приложений, серверы Google C2DM и Android-приложение на мобильном устройстве. Сервер приложений отправляет сообщения Android-приложению на мобильном устройстве не напрямую, а через серверы Google C2DM методом POST протокола HTTP. На стороне сервера программа может быть написана на лю-бом языке программирования, приспособленном для отправки такого рода сообщений, на-пример, Java, PHP, Python и др.

Серверы C2DM отвечают за доставку сообщений конкретному устройству. Если целевое устройство находится вне сети, сообщение будет доставлено, как только станет доступным.

В свою очередь, мобильное приложение должно заранее зарегистрироваться в сервисе Google C2DM для получения сообщений такого рода, после чего при получении сообщения от C2DM-серверов приложение активируется и начнет его обработку.

Размер одного сообщения ограничен 1024 байтами. Таким образом, сообщения должны носить лишь информативный характер, а не являться непосредственно данными для обновлений. Например, сервер оповещает о появлении новой версии программы, а мобильное приложение уже загружает информацию с указанного источника.

### Основные моменты реализации

На рис. 1 представлена общая схема работы программного продукта на основе сервиса C2DM и взаимодействия его основных компонентов (цифры обозначают порядковый номер каждого шага).

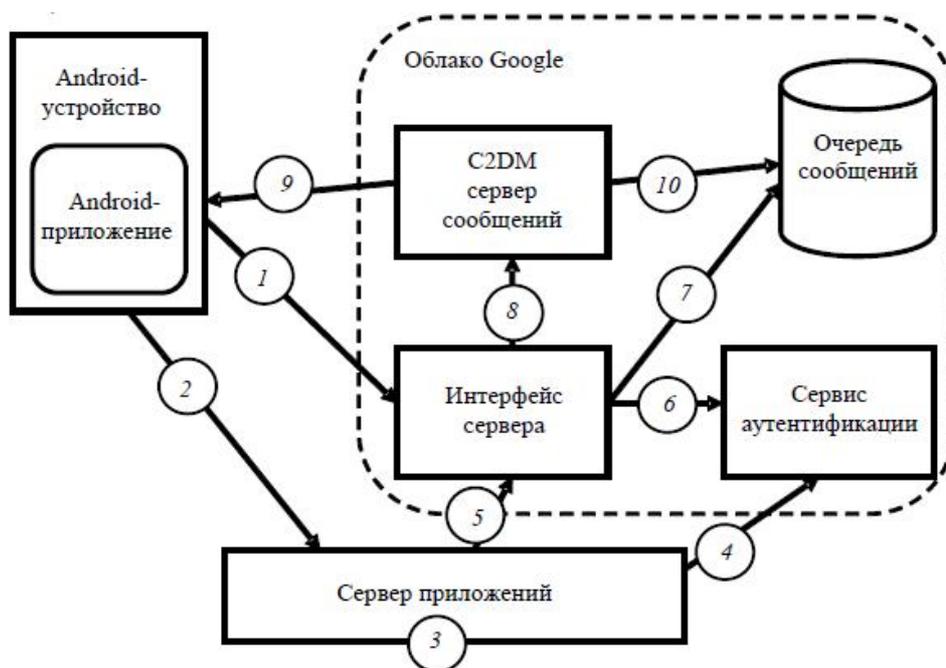


Рис. 1. Общая схема взаимодействия компонентов сервиса C2DM

Основываясь на схеме, можно описать общий процесс реализации приложения, использующего сервис C2DM. Разработчик в данном случае реализует два компонента: Android-приложение на мобильном устройстве и сервер приложений, который отвечает за посылку сообщений.

До начала работы с сервисом разработчику необходимо пройти регистрацию своего программного продукта на серверах C2DM. Разработчик предоставляет адрес электронной почты (role e-mail), по которому будут передаваться сообщения, название пакета клиентской программы, примерное число сообщений, посылаемых в течение дня сервером приложений. После этого разработчик получит сообщение о результатах проверки и о возможности использования данных настроек для работы с C2DM.

Шаг первый (рис. 1) отвечает за получение регистрационного идентификационного номера для данного устройства и приложения, т.е. клиентское приложение на мобильном устройстве, используя role e-mail, получает регистрационный номер у сервера C2DM, чтобы в дальнейшем иметь возможность принимать сообщения.

Шаг второй – отправка регистрационного номера серверу приложений, после чего сервер приложений помещает данный номер и пользователя в свою базу данных (третий шаг).

Шаг четвертый – получение аутентификационного токена (AUTH Token). Для под-тверждения подлинности сервер приложения должен получить данный токен путем отправки role e-mail и пароля к нему на сервис аутентификации Google.

Шаг пятый – отправка сообщений серверу Google. В сообщении указываются аутентификационный токен и регистрационный номер целевого устройства, а также дополнительные параметры.

В шестом, седьмом и восьмом шагах уже внутри облака Google интерфейс сервера C2DM отправляет аутентификационный токен на проверку серверу аутентификации, после подтверждения посылает сообщение в хранилище очереди сообщений. Внутри хранилища сообщения обрабатываются таким образом, чтобы избежать перегрузки при их доставке целевому устройству, если оно в данный момент неактивно и в очереди накопилось много сообщений. Далее сообщение направляется на отправку серверу сообщений.

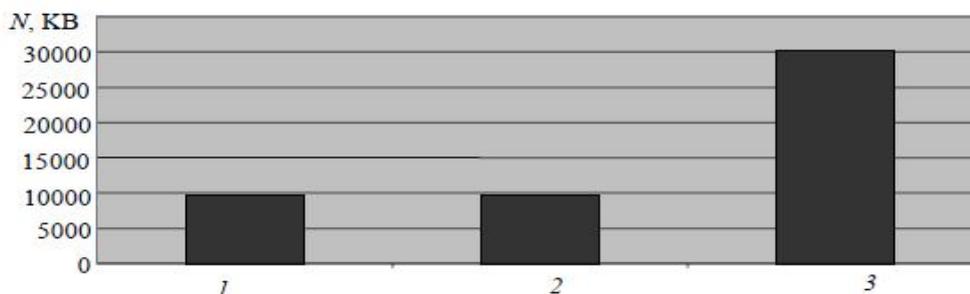
Шаг девятый – сервер доставляет сообщение через постоянное соединение TCP/IP, защищенное протоколом SSL (*Secure Sockets Layer* – уровень защищенных сокетов), мобильному устройству. Но перед этим проверяется активность самого устройства, не превышен ли лимит доставки сообщений и другие параметры.

На последнем шаге сообщение удаляется из сервера очереди сообщений. Автором была осуществлена экспериментальная реализация клиентской и серверной частей с использованием C2DM-сервиса. В данной реализации сервер посылает клиентской части сообщение, которое представляет собой URL какого-либо интернет-ресурса. Клиентское приложение, получив сообщение, открывает данный ресурс в мобильном браузере. Возможность отправки сообщений была проверена как на эмуляторе мобильной системы Android (версия API 8), так и на реальном устройстве (Samsung Galaxy S3).

Кроме того, исследовалась эффективность использования данного сервиса для экономии интернет-трафика и заряда батареи. На основе тестовой реализации клиентской и серверной частей были проведены три эксперимента. Для мобильного устройства Samsung Galaxy S3 осуществлялись замеры потребления заряда батареи (приложение Battery Graph 12) и интернет-трафика (Traffic Statistics 4.1).

В рамках первого эксперимента на протяжении двух часов на мобильное устройство поочередно было послано 4 сообщения об обновлении данных клиентской программы. Во втором и третьем экспериментах клиентская программа обновлялась по расписанию (каждые 10 или 30 мин.), т.е. без применения сервиса C2DM.

Результаты экспериментов представлены на рис. 2 и 3.



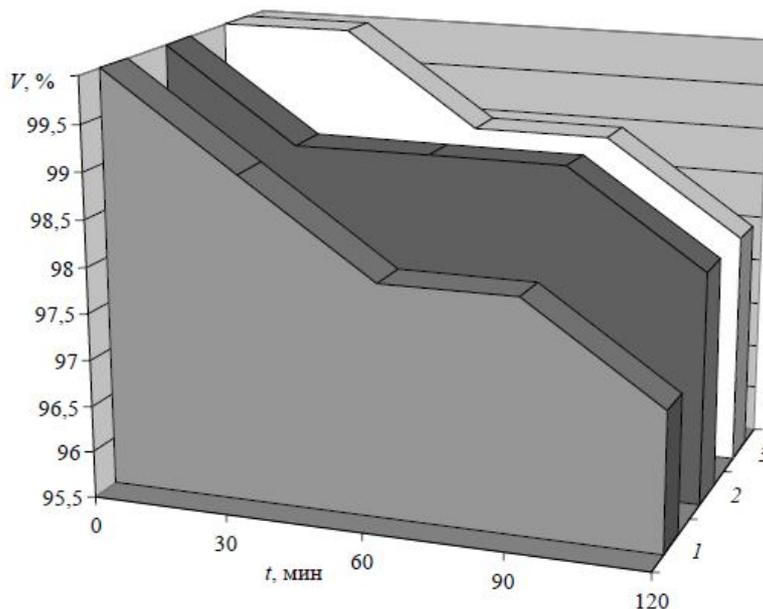
**Рис. 2.** Расход интернет-трафика *N*:

1 – с использованием C2DM; 2 – обновление раз в 30 мин; 3 – обновление раз в 10 мин.

Вспомогательная таблица  
для построения графика расхода интернет-трафика  
C2DM 30 мин., 10 мин.

	C2DM	30 мин	10 мин
<i>N,KB</i>	9811,6	9806,9	30224,3

Из рис. 2 видно, что сервис C2DM экономит интернет-трафик, кроме того, предоставляет обновленную информацию сразу после ее появления. В этом конкретном случае доставка сообщений от сервера к клиентской программе задерживалась не более чем на 4 минуты. На рис. 3 отражается следующая закономерность – частое обращение за обновлениями сокращает время работы устройства от батареи. Таким образом, доказана целесообразность применения данной технологии.



**Рис. 3.** Расход заряда батареи  $V$ :  
 1 – обновление раз в 10 мин; 2 – с использованием C2DM; 3 – обновление раз в 30 мин

Вспомогательная таблица  
 для построения графика расхода заряда батареи

$t$ , мин	C2DM	30 мин	10 мин
0	100	100	100
30	99	100	99
60	99	99	98
90	99	99	98
120	98	98	97

### Заключение

Исследования показали, что Android Cloud to Device Messaging – это очень мощное средство для реализации множества идей разработчиков. Хотя сервис запущен совсем недавно, сейчас можно найти программные продукты, в которых он используется. Например, реализованы такие решения, как отправка фрагментов топографических карт со стационарного компьютера на мобильное устройство или синхронизация работы в браузерах компьютера и мобильного устройства. Корпорация Google предоставила открытый доступ к этому инструменту и ожидает от разработчиков программного обеспечения множества идей и решений.

Применение данного сервиса позволяет, в частности, экономить интернет-трафик и заряд батареи в любом программном продукте, работающем с обновлениями данных через сеть, что доказано экспериментально автором статьи.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Gargenta A. Mastering C2DM The Android Cloud to Device Messaging Framework [Электронный ресурс]: <<http://marakana.com/forums/android/general/272.html>>
2. Vogel L. Android Cloud to Device Messaging (C2DM) — Tutorial [Электронный ресурс]: <<http://www.vogella.de/articles/AndroidCloudToDeviceMessaging/article.html>>
3. Android Cloud to Device Messaging Framework [Электронный ресурс]: <http://code.google.com/intl/ru/android/c2dm/>

REFERENCES

1. Gargenta A. Mastering C2DM The Android Cloud to Device Messaging Framework [Electronniy resurs]: <<http://marakana.com/forums/android/general/272.html>>
2. Vogel L. Android Cloud to Device Messaging (C2DM) — Tutorial [Electronniy resurs]: <<http://www.vogella.de/articles/AndroidCloudToDeviceMessaging/article.html>>
3. Android Cloud to Device Messaging Framework [Electronniy resurs]: <http://code.google.com/intl/ru/android/c2dm/>

Жумашев М.А.

**Android базасында мобильді құрылғыларға хабарламаларды жіберудің бұлтты сервисі.**

**Түйіндеме.** Android Cloud to Device Messaging сервисі қаралады. Сервистің жұмыс істеу қағидаттары және клиент пен сервер арасындағы өзара іс-әрекеті бейнеленеді. Сервистің негізінде бағдарлама жасалуының негізгі қадамдары суреттеледі. Интернет-трафик пен батареяның зарядын үнемделуінің нәтижелері көрсетілген.

**Негізгі сөздер:** Android, Push, хабарлама, үнемдеу, трафик, батарея.

Жумашев М.А.

**Облачный сервис отправки сообщений на мобильные устройства на базе Android.**

**Резюме.** Рассматривается сервис Android Cloud to Device Messaging. Приведены принципы его работы и взаимодействия клиента и сервера. Описываются основные шаги реализации приложения на основе сервиса. Приведены результаты исследования экономии интернет-трафика и заряда батареи при использовании данного сервиса.

**Ключевые слова:** Android, Push, сообщение, экономия, трафик, батарея.

Zhumashev M.A.

**Cloud service to send messages to mobile devices based on Android.**

**Summary.** We consider a service Android Cloud to Device Messaging. The principles of his work and the interaction of client and server. Describes the basic steps of the application on the basis of service. The results of the study save bandwidth and battery power when using this service.

**Key words:** Android, Push, communication, economy, traffic, battery.

УДК: 681.322

**И.М. Иванов, Ю.А. Понятов**

(ДТОО «Институт космической техники и технологий», г. Алматы, Республика Казахстан)

**ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОМПЬЮТЕРОВ FRIENDLY ARM В КАЧЕСТВЕ ПЛАТФОРМЫ  
ДЛЯ СПУТНИКОВЫХ ТЕРМИНАЛОВ СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

**Аннотация.** В рамках выполнения проекта по разработке унифицированной системы передачи данных (УСПД) авторами данной статьи ведется разработка спутниковых терминалов сбора и передачи данных. Возникает необходимость выбора архитектуры терминала для работы в различных спутниковых системах. В статье кратко описаны проблемы и трудности процесса разработки терминала «с нуля». На современном этапе развития компьютерной промышленности такой подход не является рациональным. Рассматривается вариант применения микрокомпьютеров для построения на их базе терминалов под различные задачи. Приводится сравнение характеристик современных микрокомпьютеров, доступных в продаже. Авторы рассматривали одноплатные микрокомпьютеры с процессорами, изготовленными по технологии ARM, ввиду их оптимальной эффективности и производительности. Приведены положительные моменты использования микрокомпьютеров в указанных целях, такие как расширение функциональности, повышение гибкости и адаптивности системы.

**Ключевые слова:** терминал, мониторинг, одноплатный компьютер, микрокомпьютер, спутниковая связь.

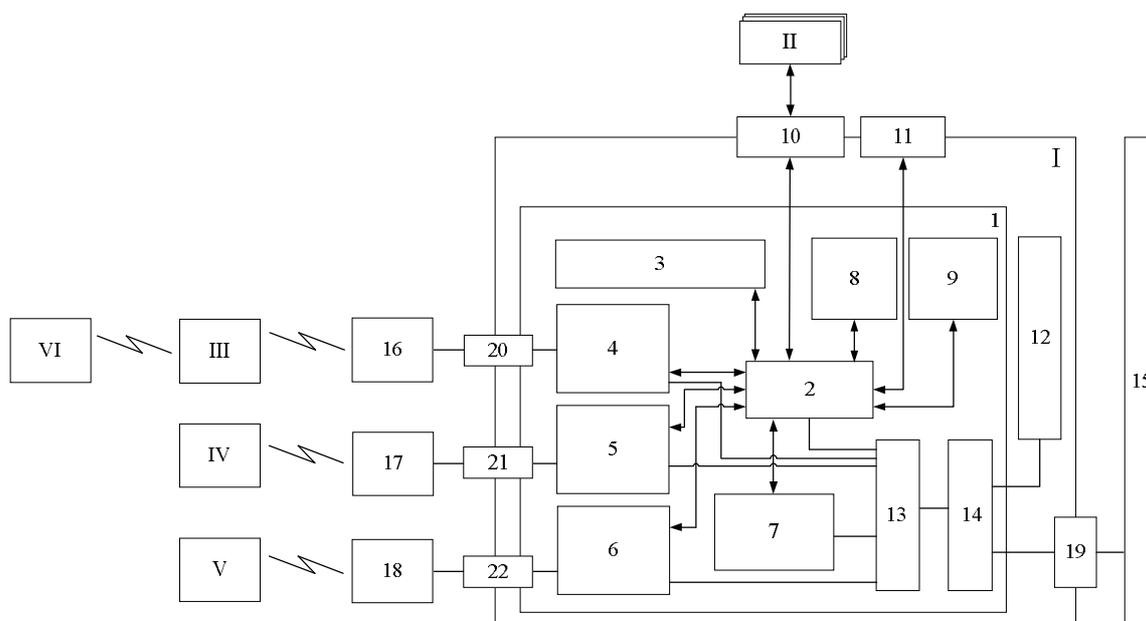
Развитие спутниковых технологий делает возможным внедрение в сферы жизни и практическое использование результатов космической деятельности. Кроме того, космические технологии успешно взаимодействуют и даже дополняют другие, ставшие уже привычными для людей, технические достижения. Примером может служить симбиоз навигационных технологий и технологий мобильной сотовой связи, когда сегодня отсутствие GPS-навигатора в сотовом телефоне воспринимается с таким

же удивлением, как десять лет назад воспринималось бы его наличие. Внедрение микропроцессорной техники можно оценить еще шире.

Деятельность многих организаций в области прикладных исследований направлена как раз на разработку и конструирование устройств, используя достижения современной науки и техники. Авторы данной работы участвуют в разработке научных проектов, среди которых такие как мониторинг опасных грузов [1], унифицированная система передачи данных [2]. Для указанных систем был разработан терминал, работающий с использованием спутниковой системы передачи данных.

Терминал был сконструирован с использованием 8-битного микроконтроллера фирмы Atmel модели ATMEGA128A-AU – одного из самых производительных микроконтроллеров с 128 килобайтами памяти для микропрограммы. Однако даже такая конфигурация микроконтроллера не позволяет писать объемные программы на языке высокого уровня таком как «Си». В качестве примера можно привести разработку стека протоколов TCP/IP, который применяется при передаче информации как через GPRS, так и через некоторые спутниковые модемы. Если использовать для написания стека TCP/IP Си-компилятор ICCAVR, то общий объем кода, который помимо TCP/IP реализует еще протоколы UDP, DHCP и другие, составляет около 60 килобайт. Если ограничиться только TCP/IP, тогда размер кода будет около 35 килобайт. Таким образом, для создания логики обработки информации, поступающей с датчиков, остается примерно половина доступной программной памяти. Также невозможно организовать достаточно быстрое и большое хранилище данных из-за 8 – битной архитектуры.

На рисунке 1 приведена блок-схема терминала сбора и передачи данных.



**Рис. 1.** Блок-схема терминала сбора и передачи данных

Как видно из рисунка 1, мобильный терминал спутниковой связи включает в себя множество взаимосвязанных блоков, что требует значительных трудозатрат при проектировании печатной платы и размещении электронных компонентов. Многие из данных компонентов, а именно: микроконтроллер 2, модуль внутренней памяти 3, интерфейсный разъем 10, блок индикаторов 11 – могут быть успешно заменены одним блоком – одноплатным компьютером. Другие компоненты терминала, такие как модемы «Wavecom», «Quake Global», «Globalstar», представляют собой OEM-решения, содержащие компоненты, предназначенные только для передачи данных. OEM решения удобны тем, что их можно интегрировать в свое оборудование без затрат на дополнительные компоненты, которые, возможно не будут использоваться, в зависимости от специфики решаемой задачи.

В качестве платформы для создания унифицированного модема была выбрана архитектура ARM из-за ее низкого энергопотребления по сравнению с процессорами архитектуры x86. ARM-

процессоры получили достаточно широкое распространение, благодаря богатым техническим возможностям и низкому энергопотреблению, что является одним из самых важных критериев.

Неоспоримым преимуществом в применении архитектуры ARM является то, что на ней можно запустить операционную систему, которая возьмет на себя управление процессором, памятью, файловой системой, ресурсами (если запущено несколько программ), а также обеспечит стандартный доступ к устройствам. Такие спутниковые модемы как GlobalStar, Inmarsat для передачи данных используют протоколы V.32/V42/V42bis, для использования которых можно применять стандартное программное обеспечение, совместимое с операционными системами Windows 95/98/2000/NT, Macintosh OS, UNIX/Linux. Использование операционной системы снимает с разработчика оборудования необходимость реализовывать эти протоколы на микроконтроллере.

Большинство ARM-процессоров поддерживает два режима работы: потоковый режим (Thread) и режим обработчика (Handler), для каждого из которых можно сконфигурировать свои собственные стеки. Благодаря этому появляется возможность разработки более интеллектуального программного обеспечения и поддержки операционных систем реального времени (ОСРВ).

Существует множество одноплатных компьютеров, но авторы уделяют особое внимание таким образцам, как «Raspberry Pi» [3], «Cubieboard» [4] и «Friendly ARM» [5]. Рассматривались именно эти модели ввиду их богатых функциональных возможностей и хороших условий поддержки производителем. Рассмотрим их немного подробнее.

Одноплатный компьютер «Raspberry Pi» выпускается в двух комплектациях: модель «А» и модель «В». Обе версии оснащены ARM11 процессором Broadcom BCM2835 с тактовой частотой 700 МГц и модулем оперативной памяти на 256МБ или 512МБ – на выбор покупателя. Интерфейсы и устройства ввода/вывода: UART, слот для карт памяти SD/MMC/SDIO, разъем HDMI, RCA, аудио-разъем 3,5 мм стерео, композитный видеовыход, 2 порта USB 2.0, 10/100 Мбит/с RJ45 Ethernet, 16 портов ввода/вывода (3.3v), интерфейсы I2C и SPI и интерфейс ARM JTAG, Интерфейс DSI interface, Интерфейс MIPI CSI-2.

Одноплатный компьютер «Cubieboard» обладает следующими техническими характеристиками: ARM процессор Allwinner A10, для внешних устройств имеется 96-пиновый разъем, через который можно получить доступ к интерфейсам I2C, SPI, RGB/LVDS, CSI/TS, FM-IN, ADC, CVBS, VGA, SPDIF-OUT и R-TP.

И наконец, одноплатный компьютер «Friendly ARM» поставляемый с процессорами ARM, такими как ARM 9, ARM 11, ARM Cortex-A8, имеет множество моделей с разнообразными характеристиками. На сегодня модельный ряд Friendly ARM включает в себя следующие модели: Mini-2440, Micro-2440, Mini-6410, Tiny-6410, Mini-210, Mini-210s, Tiny-210, Tiny-210v2. Была выбрана модель Mini-2440, которая наиболее полно оснащена интерфейсными разъемами и имеет относительно низкую стоимость.

Характеристики Friendly ARM Mini2440 приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики компьютера Friendly ARM Mini-2440

Наименование	Mini-2440, Samsung S3C2240 ARM9 Board
Процессор	Samsung S3C2440A 400MHz, Max freq. 533Mhz
Оперативная память	64MB SDRAM 32-битная шина данных. Максимальная частота 100Mhz
Flash-память	256MB Nand Flash 2MB Nor Flash, BIOS installed
Поддерживаемые LCD дисплеи	4 wire resistive touch screen interface Up to 4096 color STN, 3.5 inches to 12.1 inches, up to 1024x768 pixels Up to 64K color TFT, 3.5 inches to 12.1 inches, up to 1024x768 pixels In box NEC 256K color 800x480/7 inches TFT screen, with touch screen

## • Технические науки

Продолжение таблицы 1

Интерфейсы и ресурсы	1 x 10/100M Ethernet RJ-45(DM9000) 3 x Serial Ports(1 RS232 with CTS and RTS) 1 xUSB Host 1 x USB Slave Type B 1 x SD Card Interface 1 x Stereo audio out, 1 Micro In 1 x 10-Pin JTAG 4 x USER LEDs 6 x USER buttons 1 x PWM Beeper
Интерфейсы и ресурсы	1 x POT can be used for A/D converter adjust 1 x AT24C08 for I2C test 1 x 20-Pin Camera Interface 1 x Battery for RTC Power In(5V), with switch and lamp
Интерфейсы расширения	1 x 34-Pin 2.0 мм GPIO 1 x 40-Pin 2.0 мм System Bus
Поддерживаемые операционные системы	Linux 2.6.29 Windows CE.Net 5.0 Android
Размер	Плата:100x100 мм Экран:180x130 мм

В дополнение к широко используемым портам USB и серийным портам ввода – вывода, Mini-2440 предлагает интерфейс более низкого уровня для непосредственного подключения к микроконтроллеру и модулям системы – GPIO. Использование интерфейса GPIO требует особой осторожности, так как в нем отсутствует защита от переплюсовки и скачков напряжения, что делает данный интерфейс чувствительным к статическому электричеству.

На рисунке 2 представлен внешний вид платы Friendly ARM.

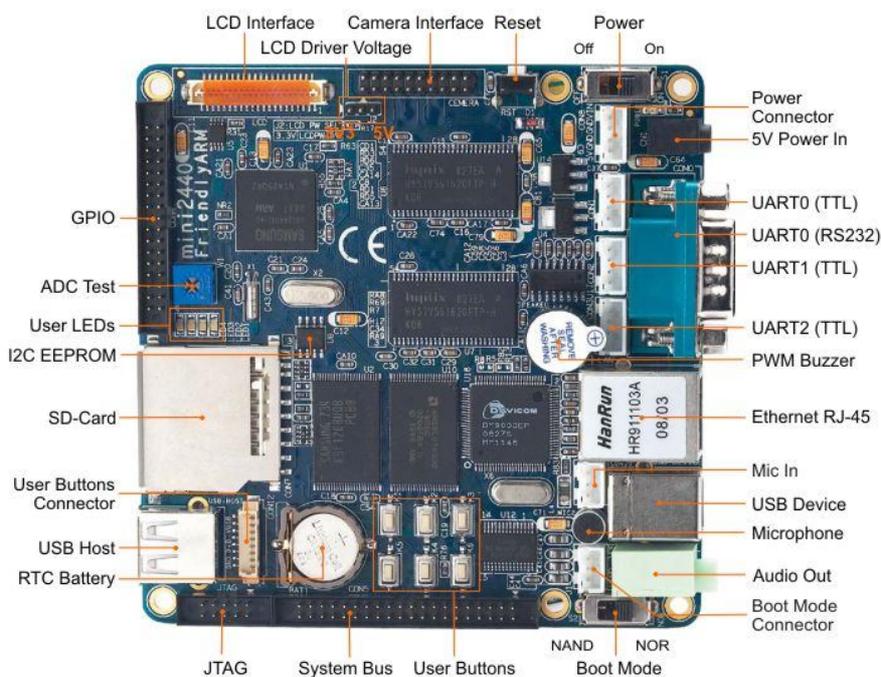


Рис. 2. Одноплатный компьютер Friendly ARM Mini-2440

Как видно из характеристик Friendly ARM предоставляет множество возможностей, в том числе его можно применять как настольный компьютер, к которому можно подключить TFT монитор, клавиатуру и мышку.

Терминал сбора и передачи данных, построенный на основе Mini-2440, будет обладать широкой функциональностью и отлично подходит для решения сложных и ресурсоемких задач, таких как сбор, хранение и обработка показаний с различных датчиков с последующей отправкой по каналам связи. С помощью внедрения в состав терминала одноплатного компьютера станет возможным быстрая адаптация терминала к изменяющимся требованиям, таким как набор контролируемых параметров, алгоритмы обработки показаний, без кардинальных изменений его конструкции. Большая часть работ по изменению конфигурации сможет быть выполнена только усилиями программистов, без вмешательства в аппаратную часть терминала, что сократит время и трудозатраты на внесение изменений. Также станет возможным изменение настроек терминала в режиме работы, что не представлялось возможным в терминалах на микроконтроллере.

Недостатком одноплатных компьютеров является малый диапазон рабочих температур, что представляет трудность для применения их в агрессивных климатических условиях Казахстана. Но данная проблема решается применением термостатированных корпусов, а также систем подогрева.

Таким образом, разработка терминала сбора и передачи данных на основе одноплатного компьютера позволит снизить трудовые, временные и финансовые затраты на конструирование и адаптацию терминалов. Использование одноплатных компьютеров Friendly ARM предоставляет разработчикам множество возможностей в различных сферах применения.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шабельников, Е.А. Система контроля и мониторинга транспортных средств ЦМК МЧС при дорожно-транспортных происшествиях / Е.А. Шабельников, Ю.А. Понятов // Вестник КазНТУ. - Алматы, - 2013. - №1. - С. 236-238.
2. Молдабеков, М.М. Структура унифицированной системы передачи данных на базе мобильной спутниковой связи Orbcomm и Globalstar / М.М. Молдабеков, Ю.А. Понятов // Вестник КазНТУ. - Алматы, - 2013. - №1. - С. 242-247.
3. Официальный сайт производителя Raspberry Pi. [В Интернете] 2013 г. <http://www.raspberrypi.org/>.
4. Официальный сайт производителя Cubieboard. [В Интернете] 2013 г. <http://cubieboard.org/>.
5. Официальный сайт производителя FriendlyARM. [В Интернете] 2013 г. <http://www.friendlyarm.net>.

#### References:

1. Shabel'nikov, E.A. Sistema kontrolja i monitoringa transportnyh sredstv CMK MChS pri dorozhno-transportnyh proisshestvijah / E.A. Shabel'nikov, Ju.A. Ponjatov // Vestnik KazNTU. - Almaty, - 2013. - №1. - P. 236-238.
2. Moldabekov, M.M. Struktura unificirovannoj sistemy peredachi dannyh na baze mobil'noj sputnikovoj svjazi Orbcomm i Globalstar / M.M. Moldabekov, Ju.A. Ponjatov // Vestnik KazNTU. - Almaty, - 2013. - №1. - P. 242-247.
3. Oficial'nyj sajt proizvoditelja Raspberry Pi. [V Internetе] 2013 g. <http://www.raspberrypi.org/>.
4. Oficial'nyj sajt proizvoditelja Cubieboard. [V Internetе] 2013 g. <http://cubieboard.org/>.
5. Oficial'nyj sajt proizvoditelja FriendlyARM. [V Internetе] 2013 g. <http://www.friendlyarm.net>.

Иванов И.М., Понятов Ю.А.

**Деректерді тасымалдау және жинақтау спутниктік терминалдар үшін платформа ретінде Friendly ARM микрокомпьютерлерді қолдану.**

**Түйіндемe:** Бұл мақалада бір платалық компьютерлерді қолданудың және енгізудің келешегі туралы айтылады. Микроконтроллердарды пайдалану арқылы әзірленетін терминалдардың жетіспеушілігі көрсетілген. Деректерді тасымалдау және жинақтау терминалдарына заманауи талаптар жағдайында микроконтроллерлерді бағдарламалаудың күрделілігі келтірілген. Бір платалық компьютерлерді терминалдар құрамында пайдалану ұсынылған. Аса танымал маркадағы бір платалық компьютерлердің сипаттамаларын салыстыру келтірілген. Бір платалық компьютерлерді мақсатқа сай қолданудың негіздемесі берілді.

**Түйінді сөздер:** терминал, мониторинг, бір платалық компьютер, микрокомпьютер, спутниктік байланыс.

Иванов И.М., Понятов Ю.А.

**Применение микрокомпьютеров Friendly ARM в качестве платформы для спутниковых терминалов сбора и передачи данных.**

**Резюме.** В данной статье говорится о перспективах использования и внедрения одноплатных компьютеров. Показаны недостатки терминалов, разрабатываемых с использованием микроконтроллеров. Приведены сложности программирования микроконтроллеров в условиях современных требований к терминалам сбора и передачи данных. Предложено использование в составе терминалов одноплатных компьютеров. Приведено сравнение характеристик наиболее известных марок одноплатных компьютеров. Дано обоснование целесообразности применения одноплатных компьютеров.

**Ключевые слова:** терминал, мониторинг, одноплатный компьютер, микрокомпьютер, спутниковая связь.

Ivanov I.M., Ponyatov Y.A.

**The use of microcomputers Friendly ARM as a platform for satellite terminals and data collection.**

**Summary.** This article refers to the prospects of the use and implementation of single-board computers. The drawbacks of the terminals being developed using microcontrollers. Given the complexity of programming microcontrollers in terms of modern standards for terminals and data collection is proposed to use in the terminals of single-board computers. The comparison of the characteristics of the most famous brands of single-board computers. The substantiation of the feasibility of using single-board computers.

**Keywords:** terminal, monitoring, single board computer, microcomputer, satellite communication.

УДК: 004.4'236

**И.М. Иванов, В.В. Торчик**

(ДТОО «Институт космической техники и технологий», г. Алматы, Республика Казахстан)

### **ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАТФОРМЫ FLEX ДЛЯ РАЗРАБОТКИ RIA-ПРИЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ДИСПЕТЧЕРСКОГО ЦЕНТРА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ**

**Аннотация.** На современном уровне развития науки и техники роль информационного обмена очень высока. Стремительный темп распространения и внедрения вычислительного оборудования, повсеместная компьютеризация и автоматизация, объединение вычислительных ресурсов в сеть неизбежно стимулируют развитие информационных технологий. За двадцать с небольшим лет существования всемирной паутины произошло гигантское усиление роли информационных технологий в различных сферах жизнедеятельности людей. Рассмотрение наиболее распространенных технологий создания веб-приложений, функционирующих в среде браузера, дает разработчикам выбор вариантов реализации приложения. Приводятся данные аналитического сравнения различных технологий по таким показателям, как удобство применения, простота изучения, графические возможности. Как показывают результаты эксперимента, проведенного авторами данной статьи, наиболее приемлемые показатели и стабильность работы в любом браузере обеспечивают приложения, разработанные в среде Flex.

**Ключевые слова:** Интернет, браузер, среда разработки, веб-приложение, программирование, Flash.

Развитие технологий Интернет на сегодняшний день является одним из основных показателей уровня развития страны и ее социальной, политической, экономической, коммуникационной сфер. Организацией World Wide Web Foundation, проведен анализ развития Интернета в странах мира. В данном анализе показателем является индекс развития Интернета (The Web Index), который характеризует уровень влияния Интернет на различные сферы общественной жизни в странах мира. По результатам упомянутого анализа составлен рейтинг развития Интернет в странах мира на 2012 год [1], согласно которому Казахстан занимает 28-е место (из 61-го возможного), опередив такие страны, как Китай, Россия, Индия.

Своему повсеместному проникновению в ключевые сферы жизни стран мира и их населения Интернет обязан не только усовершенствованию средств телекоммуникаций, вычислительной техники, но и развитию информатики, в частности программной инженерии. Большая часть из того, что делает технологии Интернет привлекательными и полезными, создается средствами разработки программного обеспечения, которые позволяют воплотить в жизнь самые неординарные и перспектив-

ные задумки программистов. От возможностей и эффективности инструментария разработки программного обеспечения зависит финальный результат работы, будь то прикладная программа, масштабный веб-проект или информационная система государственного значения.

Целью данной работы является комплексный анализ ключевых показателей главных и конкурирующих технологий, на которых основана большая часть Интернет-контента – Flex и JavaScript+HTML5. Несмотря на то, что, кроме указанных технологий, развиваются и другие направления, такие как JavaFX, Silverlight, которым посвящено множество статей, актуальность рассматриваемых технологий не подвергается сомнению, так как их дееспособность и эффективность доказаны временем. Новизной проведенного исследования является то, что авторы данной статьи приводят доводы и критику, основываясь на долговременном практическом опыте решения задач с применением обеих технологий, в отличие от большинства статей, где приводятся результаты кратковременных мероприятий, направленных на сравнение технологий [2-4].

В статье приведен обзор основных платформ для веб-приложений. Рассмотрены преимущества и недостатки различных платформ в аспекте пригодности для разработки RIA-приложений (Rich Internet Application – насыщенное Интернет-приложение). Одним из ярких примеров RIA-приложений являются географические информационные системы (ГИС). Наиболее наглядное применение ГИС имеют в системах мониторинга транспорта, работающих как в он-лайн режиме, так и в режиме самописца, где в ГИС передаются данные пройденного маршрута. Функциональность современных ГИС, работающих в среде браузера, не уступает функциональности настольных ГИС. Авторами данной статьи ведутся работы по разработке диспетчерского центра системы спутникового мониторинга подвижных объектов и основным инструментом разработки выбрана технология Flex. Также в статье представлены результаты тестирования скорости обработки графики, как одной из основных составляющих RIA-приложений.

Для современных веб-приложений уже недостаточно статических HTML-страниц. Применение серверных языков программирования, таких как PHP, Perl, ASP, JSP в совокупности с технологией передачи данных AJAX и HTML5 позволяют разрабатывать динамические веб-страницы, которые не только представляют информацию в более наглядном виде, но и способны выполнять определенные вычисления и обработку данных. Несмотря на это производительность и богатство графических компонент пользовательского интерфейса недостаточны для создания современного полнофункционального приложения. Хотя веб-приложением называют клиент-серверное приложение, в котором клиентом выступает браузер, а сервером – веб-сервер, логика веб-приложения распределена между сервером и клиентом, где хранение данных осуществляется, преимущественно, на сервере, а взаимодействие и обмен информацией происходят по сети. В эту схему вписываются такие технологии, как HTML5+JavaScript, Silverlight, Adobe Flash, Native Client, JavaFX, Java-апплет. В основном эти технологии реализуются в виде плагинов – надстроек к Интернет-браузерам. Но, несмотря на это, они остаются основой классических веб-приложений. С ростом потребностей пользователей стали появляться приложения с более богатыми возможностями. С недавнего времени в обиход вошло понятие «Rich Internet Application», под которым подразумевается веб-приложение, насыщенное функциональностью традиционных настольных приложений, которое предоставляется либо уникальной спецификой браузера, либо через плагин. При программировании приложений на HTML5 одним из преимуществ является то, что клиенты не зависят от конкретной операционной системы пользователя, поэтому веб-приложения являются межплатформенными сервисами. В случае использования плагинов все примерно точно также, но производителям самих плагинов нужно предусмотреть и обеспечить межплатформенность.

По сравнению с традиционными приложениями RIA имеет ряд преимуществ:

- не требуется установка приложения, обновление и распространение приложения;
- автоматическое обновление версий;
- пользователи могут использовать приложение на любом компьютере, имеющем соединение с Интернет, причем, неважно, какая операционная система на нем установлена;
- при работе веб-приложения компьютер пользователя гораздо меньше подвержен вирусному заражению, чем при запуске исполняемых бинарных файлов.

Поскольку RIA используют программные механизмы на стороне клиента, то для взаимодействия с пользователем RIA:

–предлагают пользовательский интерфейс, не ограниченный лишь использованием языка HTML, применяемого в стандартных веб-приложениях;

–расширенная функциональность позволяет использовать такие возможности пользовательского интерфейса, как drag-and-drop, использование ползунка для изменения данных, а также возможность производить вычисления, которые не отправляются обратно на сервер, а выполняются прямо на машине пользователя (например, ипотечный калькулятор);

–интерфейсы RIA более интерактивны, чем стандартные интерфейсы веб-браузеров, которые требуют постоянного взаимодействия с удаленным сервером;

–наиболее сложные приложения RIA предлагают внешний вид и функциональность, близкие к настольным приложениям.

Основными недостатками и ограничениями RIA являются:

–ограниченный доступ к системным ресурсам;

–как правило, для работы RIA требуется JavaScript или другие языки скриптов и, если пользователь отключил активные сценарии в своем браузере, RIA может не функционировать должным образом или вообще не работать;

–увеличенное время первоначальной загрузки страницы.

Возвращаясь к теме данной статьи, следует сказать, что Flex – это большой набор классов, расширяющих возможности Flash. Flex-framework включает возможности локализации, стилизации приложения, разработки модульного приложения, встроенные валидаторы и форматоры текстовых полей – все те инструменты, которые нужны разработчикам приложений, работающих online. Так как Flex это набор классов написанных на ActionScript (AS) для Flash Player, то Flex включает все преимущества и недостатки платформы Flash. Технология представляет собой виртуальную машину, на которой выполняется загруженный из Интернет код flash-программы в виде swf-файла. Нужно заметить, что в первоначальном виде Flash применялась для создания и воспроизведения анимации, роликов и презентаций, поэтому при разработке RIA приложений доступны все многочисленные графические функции. В основе анимации во Flash лежит векторный морфинг – это плавное «перетекание» одного ключевого кадра в другой. Это позволяет делать сложные мультипликационные сцены, задавая лишь несколько ключевых кадров. Производительность FlashPlayer при воспроизведении анимации в несколько раз превышает производительность виртуальной машины JavaScript в браузерах, поддерживающих предварительный стандарт HTML5, хотя во много раз уступает приложениям, работающим вообще без использования виртуальных машин. Возвращаясь к определению, что такое Flex, скажем так: Flex является одним из способов создания Flash-приложений, более понятный программистам и дающий им широкий спектр возможностей. Flex предоставляет графические возможности Flash в сочетании с языком разметки MXML и управляющим кодом ActionScript (AS), а результатом разработки на Flex является swf-файл, выполняющийся на виртуальной машине FlashPlayer.

Средой функционирования веб-приложения является браузер, и от выбора конкретного браузера зависит возможность работы веб-приложения. Приведем данные о поддержке браузерами различных платформ для разработки RIA (таблица 1).

Таблица 1. Поддержка браузерами различных платформ для разработки RIA

Браузер	HTML5+JavaScript	Silverlight	Adobe Flash	JavaFX	Native Client
Internet Explorer 6	Нет	Да	Да	Да	Нет
Internet Explorer 7	Нет	Да	Да	Да	Нет
Internet Explorer 8	Нет	Да	Да	Да	Нет
Internet Explorer 9	Да	Да	Да	Да	Нет
Firefox (>10) (Windows)	Да	Да	Да	Да	Нет
FireFox 3.6	Нет	В Moonlight	Да	Да	Нет
Opera 9	Нет	Да	Да	Да	Нет
Opera 10\11 (Windows)	Да	Да	Да	Да	Нет
Opera 10\11 (Linux)	Да	В Moonlight	Да	Да	Нет
Google Chrome (>9.0)	Да	Да	Да	Да	Да
Safari (>4.0)	Да	Да	Да	Да	Нет
Seamonkey 2.0	Нет	Да	Да	Да	Нет
Symbian Explorer	Нет	Да	Частично	Нет	Нет

Как видно из таблицы, платформа Flash наиболее полно поддерживается в различных браузерах.

Безопасность платформ для созданий RIA является достаточно высокой, что достигается использованием «Песочницы». Она обычно представляет собой жестко контролируемый набор ресурсов для исполнения пользовательской программы — например, место на диске или в памяти, возможность работы со звуковой картой, веб-камерой и микрофоном, доступ к локальной сети, взаимодействие с операционной системой или считывание информации с устройств ввода. В некоторых платформах, отличных от Flash, многие из приведенных возможностей резко ограничены. Повышенная безопасность исполнения кода в песочнице зачастую создает большую нагрузку на систему.

До недавнего времени разработка графического 3D содержимого (трехмерных изображений) была ограничена возможностями CPU, но в конце 2011 года, когда Adobe выпустила Flash 11 с поддержкой аппаратного графического ускорения, сфера применения платформы Flex резко расширилась. «Molehill» это кодовое название для набора API-функций в ActionScript 3, использующих аппаратное ускорение видеокарты в среде Adobe Flash Player и Adobe AIR, что позволяет быстро выполнять рендеринг сложных 3D-сцен в среде Flash. Molehill будет опираться на DirectX9 в Windows и OpenGL в MacOS и Linux. На мобильных платформах вроде Android, Molehill будет использовать OpenGL ES2. Технически Molehill API действительно использует программируемые шейдеры, и дает возможность использовать шейдеры вершин и фрагментные шейдеры а также анимацию костей, настоящий z-буфер и многое другое.

С точки зрения производительности Adobe Flash Player 10.1 сегодня может производить рендеринг тысячи полигонов без использования z-буфера с частотой примерно 30 Гц. Но с использованием Molehill API разработчики смогут осуществлять рендеринг сотни тысяч полигонов в HD разрешении, используя z-буфер с частотой примерно 60 Гц.

Существующие 2.5D API во Flash Player 10.1 не устарели и никуда не исчезли они остались, но не используют GPU(аппаратное) ускорение. Разработчик сам вправе решать в зависимости от сложности проекта, какие API он будет использовать: 2.5D без аппаратного ускорения или Molehill с аппаратным ускорением.

Преимущества Molehill API представлены тем, что Вам не нужно беспокоиться о том, что происходит внутри программы. Вам как разработчику будет все равно, какие технологии будет исполь-

зовать ваша программа - DirectX, OpenGL или SwiftShader. Вам не надо думать о том, что 3D API для OpenGL на стационарных ПК отличается от OpenGL ES 2 на мобильных платформах.

Рассмотрим процесс разработки RIA-приложений.

Появление технологии RIA сопровождалось значительными сложностями в разработке веб-приложений. Традиционные веб-приложения, созданные на основе стандартного HTML, имеющего сравнительно простую архитектуру и довольно ограниченный набор функций, были относительно просты в разработке и управлении. Лица и организации, внедряющие веб-приложения на основе технологии RIA, часто сталкиваются с дополнительными сложностями в разработке, тестировании, измерениях и поддержке. Традиционные веб-приложения представляют собой набор веб-страниц, каждая из которых требует отдельного скачивания, инициированного запросом HTTP GET. Эта модель была описана как парадигма веб-страницы. RIA ломает эту парадигму, внося дополнительный сервер асинхронной коммуникации для поддержки более интерактивного интерфейса. Асинхронная коммуникация осложняет выявление проблем производительности.

Для программирования с использованием Flex используются такие редакторы как Adobe Flash Builder, FlashDevelop, также можно писать код и в обычном блокноте, компилируя его в swf-файл через командную строку. Причем, FlashDevelop является бесплатной средой разработки, написанной на C#, а Adobe Flash Builder – платная, основанной на Eclipse IDE, реализованной в виде плагина и является проприетарной.

В Adobe Flex приложение обычно состоит из файла MXML-приложения (файл с вышестоящим тегом `<s:Application>`), одного или нескольких стандартных компонентов Flex, а также одного или нескольких пользовательских компонентов, определенных в отдельных файлах компонентов MXML, ActionScript или Flash. Деление приложения на управляемые фрагменты позволяет создавать и тестировать каждый компонент в отдельности от других. Кроме того, компонент можно многократно использовать в одном или нескольких приложениях, что повышает эффективность работы.

При разработке интерфейса пользователя (GUI) могут использоваться различные компоненты, как встроенные – MX, Spark, так и пользовательские. Spark – это название новой компонентной схемы с новой моделью изменения вида компонента. Главный принцип Spark – это четкое разделение визуальных элементов компонента и его логики. Это разделение дает дизайнерам и разработчикам больше свободы, так как визуальные элементы Flex – компонента могут быть спроектированы в свободной манере, независимо от реализации логики компонента. После изучения модели Spark можно создавать впечатляющие и трудоемкие компоненты за очень короткое время. Описанные возможности отсутствуют в MX-компонентах. Схема MX все еще доступна во Flex 4 и Flash Builder 4 и может взаимодействовать со схемой Spark. Так как компоненты Spark и MX расширяют один и тот же базовый класс, то те же методы, свойства и события присущи обеим схемам, что упрощает процесс перехода для программистов. Таким образом, функциональность Spark добавлена поверх возможностей MX. В Flex 4 появилась новая компонентная схема для (Spark) пользовательских интерфейсов. Spark предоставляет дизайнерам и разработчикам возможность легко настроить вид и поведение компонентов еще более удобно и направленно. Принимая во внимание, что в предыдущих версиях Flex, разработчикам и дизайнерам было сложно стилизовать свои приложения, чтобы достигнуть желаемого отображения, Spark предлагает пользователям интуитивную, декларативную и устойчивую модель, что дает возможности для полета творчества. Отметим некоторые интересные возможности, такие как новая графическая библиотека, улучшенная модель состояний (states model), и полностью новый механизм для эффектов.

Приведем свои доводы против других технологий: HTML5+JavaScript, JavaFX, Silverlight и Native Client.

В связке HTML5+JavaScript отсутствует 3D-ускорение. По данным многих исследователей, данная технология обладает самой маленькой производительностью среди других технологий. Поддержка реализована не во всех браузерах. Вследствие того, что многие производители браузеров реализуют свою объектную модель и среду выполнения JavaScript кода, трудно добиться одинакового поведения работы приложения под разными браузерами.

JavaFX – довольно новая технология, в связи с чем недостаточно развиты собственные элементы управления. Загрузчик приложения не отображает реальное время и прогресс загрузки, что влияет

на измеримость показателей продукта. Довольно сложно найти журнал ошибок для обычного пользователя. В сети доступно малое количество обучающего материала и примеров.

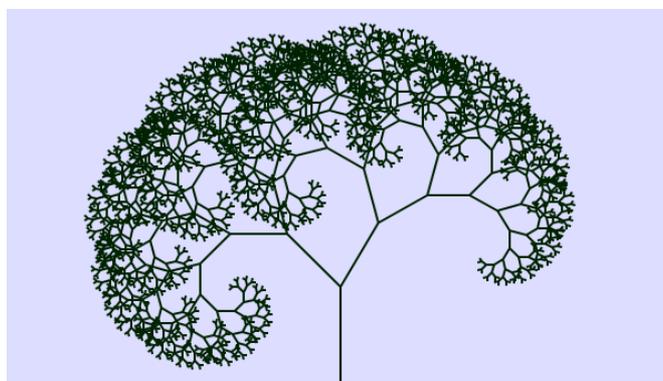
Silverlight имеет недостаточную степень кроссбраузерности и межплатформенности. Характеризуется малым числом элементов управления. Также данной технологии присущи такие недостатки, как малое количество примеров и обучающих материалов, инструменты для разработчика ориентированы только на программирование, а не на создание графических эффектов.

Касательно Native Client достаточно сказать, что в данный момент эта технология поддерживается только в браузере Google Chrome, и на многих операционных системах данная платформа отключена вовсе.

С точки зрения программистов, в число которых входят и авторы данной статьи, хотелось бы отметить качественные преимущества платформы Flex.

Новая версия языка ActionScript во многих аспектах совпадает с JavaScript. Синтаксис таких языков часто называют Си-подобным. Однако в аспекте удобства использования JavaScript уступает ActionScript, поскольку имеет множество различных вариантов синтаксиса для использования в различных браузерах. В отношении объектно-ориентированной обработки данных ActionScript превосходит язык JavaScript, так как ActionScript реализует объектно-ориентированный подход, основанный на классах, а JavaScript – на прототипах. Несмотря на то, что написание программы с использованием прототипов дает возможность реализовать наследования несколькими способами, на практике это значительно усложняет понимание кода программы и довольно сильно мешает коллективной разработке. Кроме того, ActionScript имеет статическую типизацию, а JavaScript – динамическую, что также дает “простор” для программиста, но усложняет процесс отладки и обнаружение ошибок в коде.

Авторами был проведен эксперимент, позволяющий установить различие в производительности платформ. За основу эксперимента взят пример [5] “Отрисовка на canvas обдуваемого дерева Пифагора” (рисунок 1). Данный пример был реализован на Flex с использованием Flash Builder. Результаты измерений скорости расчета и отображения дерева в разных браузерах представлены в таблице 2. Для увеличения количества повторений эксперимента построение и рисование дерева производилась во вложенных циклах со значениями счетчиков 10 и 100, соответственно.



**Рис. 1.** Обдуваемое дерево Пифагора

**Таблица 2. Скорость выполнения в миллисекундах.**

Браузер	JavaScript	Flex
Firefox v19	35 ms	115 ms
Opera v12	40 ms	117 ms
Safari v5	1150 ms	123 ms
Internet Explorer v8	500 ms	105 ms
Chrome v26	32 ms	110 ms

Как видно из таблицы, Flex стабильно работает во всех браузерах, а JavaScript + HTML5, в зависимости от браузера, может работать в несколько раз быстрее либо медленней. Если судить по са-

тому популярному браузеру Internet Explorer, который занимает более 50% рынка [6], то показатель производительности JavaScript является неудовлетворительным.

Разработка диспетчерского центра системы спутникового мониторинга с применением Flex дает разработчикам ряд преимуществ в виде возможностей подключения различных карт, таких как GoogleMaps, OpenStreetMap, Yandex-карты. Причем, интерфейсы взаимодействия с картами реализованы на ActionScript, что исключает необходимость кардинального измерения кода приложения для обеспечения согласованности. Разрабатываемый авторами данной статьи диспетчерский центр способен функционировать в любом известном браузере и предоставляет возможности экспорта данных в общеизвестные форматы файлов – XLS, PDF, CSV, HTML.

Flex, помимо скорости разработки, предоставляет полные мультимедийные возможности платформы Flash, включая потоковое мультимедиа, возможность получить доступ к веб-камере и микрофону пользователя, бинарные сокетты, обширные возможности сетевых коммуникаций, оперирование координатами трехмерного пространства, возможности использования встроенных фильтров и написания собственных. Результаты проведенного эксперимента, который был нацелен не на доказательство быстродействия Flex, а в подтверждение вышеприведенных доводов авторов о стабильности данной платформы, явно это продемонстрировали. В заключение хотелось бы сказать, что платформа Flex на данный момент является самой удобной для разработки и создания RIA-приложений.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Индекс развития Интернета в странах мира — информация об исследовании. Центр гуманитарных технологий. [В Интернете] 2012 г. <http://gtmarket.ru/ratings/the-web-index/info>.
2. ActionScript vs. JavaScript benchmark over time. IQ12. [В Интернете] 14 06 2011 г. [http://iq12.com/old\\_blog/as3-benchmark/](http://iq12.com/old_blog/as3-benchmark/).
3. Canvas (HTML). Википедия - свободная энциклопедия. [В Интернете] 21 03 2013 г. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Canvas\\_\(HTML\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Canvas_(HTML)).
4. Производительность: Flash vs JavaScript. Хабрахабр. [В Интернете] 10 04 2013 г. <http://habrahabr.ru/post/151269/>.
5. Еще одно сравнение Adobe Flash и Silverlight 2. Goddotnet – Сообщество .net-разработчиков. [В Интернете] 09 12 2012 г. <http://www.goddotnet.ru/blogs/Aib/323/>.
6. Статистика использования браузеров. Студия Артемия Лебедева. [В Интернете] 12 04 2013 г. <http://www.artlebedev.ru/tools/browsers/>.

#### REFERENCES

1. Index razvitiya Interneta v stranah mira — informatsiya ob issledovanii. Tsentr gumanitarnykh tekhnologiy. [In Internet] 2012 y. <http://gtmarket.ru/ratings/the-web-index/info>.
2. ActionScript vs. JavaScript benchmark over time. IQ12. [In Internet] 14.06.2011 y. [http://iq12.com/old\\_blog/as3-benchmark/](http://iq12.com/old_blog/as3-benchmark/).
3. Canvas (HTML). Wikipedia – svobodnaya entsiklopediya. [In Internet] 21.03.2013 y. [http://ru.wikipedia.org/wiki/Canvas\\_\(HTML\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Canvas_(HTML)).
4. Proizvoditel'nost': Flash vs JavaScript. Habrahabr. [In Internet] 10.04.2013 y. <http://habrahabr.ru/post/151269/>.
5. Eshche odno sravnenie Adobe Flash i Silverlight 2. Goddotnet – Soobshchestvo .net-razrabotchikov. [In Internet] 09.12.2012 y. <http://www.goddotnet.ru/blogs/Aib/323/>.
6. Statistika ispolzovaniya brauzerov. Stadiya Artemiya Lebedeva. [In Internet] 12.04.2013 y. <http://www.artlebedev.ru/tools/browsers/>.

Иванов И.М., Торчик В.В.

**Жылжымалы нысандар мониторинг жүйесі диспетчерлік орталық үлгісінде RIA- қосымшалар әзірлеу үшін Flex платформасын қолданудағы кемшіліктер мен артықшылықтар.**

**Түйіндеме.** Мақалада заманауи веб-қосымшалар әзірлеу үшін технологиялардың кемшіліктері мен артықшылықтары қарастырылған. Аталған платформаның атқаратын қызметінің тұрақтылығы туралы авторлардың пікірін дәлелдеген, әртүрлі браузерлерде Flash- технологиялардың өнімділігін анықтау бойынша жүргізілген тәжірибенің қорытындылары келтірілген. Деректерді тасымалдаудың бірыңғайланған жүйесі диспетчерлік орталығын әзірлеу жұмыстары жүргізілетін базада технологияларды таңдау негізделді. Аталған технологиялармен практикалық жұмыс істеу тәжірибесіне негізделген авторлардың тұжырымдары келтірілген.

**Түйінді сөздер:** ғаламтор, браузер, әзірлеме ортасы, веб- қосымшалар, бағдарламалау, Flash.

Иванов И.М., Торчик В.В.

**Преимущества и недостатки применения платформы Flex для разработки RIA-приложений на примере диспетчерского центра системы мониторинга подвижных объектов.**

**Резюме.** В статье рассматриваются преимущества и недостатки технологий для разработки современных веб-приложений. Приведены результаты эксперимента по определению производительности Flash-технологии в различных браузерах, которые подтвердили утверждение авторов о стабильности функционирования данной платформы. Обоснован выбор технологии, на базе которой ведется разработка диспетчерского центра унифицированной системы передачи данных. Приводятся выводы авторов, основанные на практическом опыте работы с данной технологией.

**Ключевые слова:** Интернет, браузер, среда разработки, веб-приложение, программирование, Flash.

Ivanov I.M., Torchik V.V.

**Advantages and disadvantages of the platform for the development of Flex RIA-applications on the example of the control center of the system of monitoring of mobile objects.**

**Summary.** The article discusses the advantages and disadvantages of technology in the development of modern web applications. The results of the experiment to determine the performance of Flash-technology in a variety of browsers, which confirmed the authors' operational stability of the platform. The choice of the technology on the basis of which is the development of a unified system control center data. Given the authors' conclusions, based on practical experience with this technology.

**Keywords:** Internet, the browser, the development environment, web-based application programming, Flash.

УДК 681.513

**Б. Х. Айтчанов, О. А. Баймуратов**

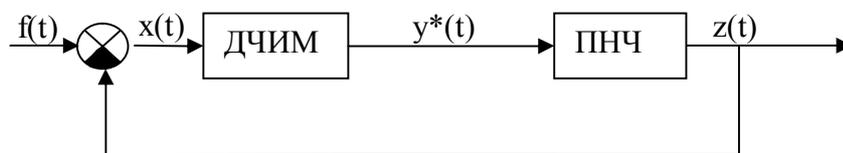
(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

### **СТОХАСТИЧЕСКИЕ ДИСКРЕТНЫЕ ВОЛЬТЕРРОВСКИЕ МОДЕЛИ ЦИФРОВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЧАСТОТНО-ИМПУЛЬСНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ**

**Аннотация.** В данной работе рассматривается методика построения математических моделей цифровых динамических частотно-импульсных управляющих систем объектами с запаздыванием в классе дискретных функциональных рядов Вольтерра. Для получения математического описания цифровой системы использована эквивалентная ей нелинейная система, процессы в которой тождественны процессам в реальной стохастической цифровой динамической частотно-импульсной управляющей системе с запаздыванием.

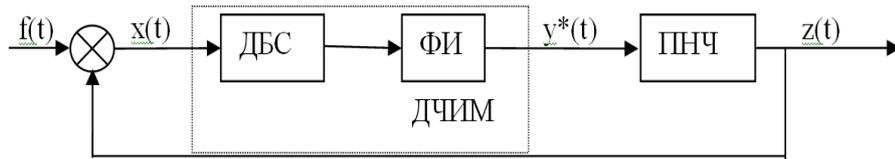
**Ключевые слова:** цифровая динамическая частотно-импульсная управляющая система, динамическая частотно-импульсная модуляция, система управления, частотно-импульсная модуляция.

Стохастическая цифровая система представляет собой цифровую динамическую частотно-импульсную управляющую систему (ДЧИУС), которая состоит (рис. 1), из динамического частотно-импульсного модулятора (ДЧИМ) и приведенной непрерывной части (ПНЧ) [1].



**Рис.1.** Стохастическая цифровая ДЧИУС

В работах [1] [2] [3] были приведены процедуры построения эквивалентных систем (рис. 2), соответствующих рассматриваемой цифровой системе управляющей объектами с запаздыванием. Цифровой динамический частотно-импульсный модулятор состоит из дискретного блока сброса (БС) и формирователя импульсов (ФИ) с порогом  $\Delta$ .



**Рис. 2.** Эквивалентная система стохастической ДЧИУС

Приведенная непрерывная часть ПНЧ [2] описывается стохастической вольтерровской моделью:

$$z[qT] = \sum_{l=0}^{\infty} \Delta \bar{u}_1^T [mT] \bar{h}[\gamma_0 T, qT, mT, lT] \Delta \bar{w}^* [lT], \quad (1)$$

где

$$\Delta \bar{u}_1 [m] = [1 : \Delta u_1 [m_1 T] : \Delta u_1 [m_1 T] \Delta u_2 [m_2 T] : \Delta u_1 [m_1 T] \dots \Delta u_1 [m_r T] : \dots], \quad (2)$$

$$\Delta^* \bar{w} [l] = [1 : \Delta w_1 [l_1 T] : \Delta w_1 [l_1 T] \Delta w_2 [l_2 T] : \Delta w_1 [l_1 T] \dots \Delta w_1 [l_s T] : \dots], \quad (3)$$

$$\bar{h} [m, l] = \begin{bmatrix} h_{0,0} & h_{0,1}[l_1 T] & \dots & h_{0,s}[l_1 T, \dots, l_s T] \dots \\ h_{1,0}[\gamma_0 T, m_1 T] & h_{1,1}[\gamma_0 T, m_1 T, l_1 T] & \dots & \dots \\ h_{2,0}[\gamma_0 T, m_1 T, m_2 T] & h_{2,1}[\gamma_0 T, m_1 T, m_2 T, l_1 T] & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ h_{r,0}[\gamma_0 T, m_1 T, \dots, m_r T] & h_{r,s}[\gamma_0 T, m_1 T, \dots, m_r T, l_1 T, \dots, l_s T] & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$\Delta u_1 [m] = u_1 [mT] - u_1 [(m-1)T] = U[mT] \cdot T, \quad (5)$$

$$\Delta^* w [l] = w[lT] - w[(l-1)T] = \mu[lT] \cdot T, \quad (6)$$

$\gamma_0$  - целое число, характеризующее запаздывание объекта;  $T$  - период дискретизации непрерывного сигнала во времени.

Уравнения цифровой ДЧИУС объектами с запаздыванием с учетом описания составляющих ее элементов ДЧИМ и ПНЧ примут вид [2,3]:

$$x[qT] = f(qT) - z(t), \quad (7)$$

$$y[qT] = \Phi [y(rT), x(rT), \gamma_m T | q_n \leq r \leq q_{n+1}], \quad (8)$$

$$y[q_{n+1} T - 0] = \lambda_{n+1} \cdot \Delta, \quad (9)$$

$$y[q_{n+1} T + 0] = 0, \quad (10)$$

$$\lambda_{n+1} = \text{sign } y[q_{n+1} T - 0], \quad (11)$$

$$y^* [qT] = \sum_n \lambda_{n+1} \delta[(q - q_{n+1})T], \quad (12)$$

где  $x[qT] = x(t)|_{t=qT}$  - сигнал ошибки;  $y[qT] = y(qT)|_{t=qT}$  - выходной сигнал дискретного

фильтра ДИ модулятора;  $y^* [qT]$  - выходной сигнал дискретного ДЧИМ;  $\gamma_m$  - параметр, учитывающий запаздывание объекта при управлении

Уравнения (7)-(12), описывающие поведение цифровой ДЧИУС объектами с запаздыванием, относятся к разным типам уравнений, что приводит к определенным трудностям при ее исследовании.

Для определения влияния случайных процессов на динамику ДЧИУС, получения структурных и математических моделей ДЧИУС предложены методы и алгоритмы в трудах [2], [3], [5] - [7].

Предложенная методика построения вольтерровских моделей непрерывной ДЧИУС объектами с запаздыванием распространяется на случай цифровой системы с запаздыванием и состоит из трех этапов. На первом этапе формируется вольтерровская модель цифрового  $\Sigma$ -ЧИМ, включенного в

контур управления объектами с запаздыванием, на втором этапе – разомкнутой системы с запаздыванием и на третьем этапе – замкнутой ДЧИУС объектами с запаздыванием.

1) Вольтерровская модель цифрового  $\Sigma$ -ЧИМ, применяемого для управления объектами с запаздыванием, формируется в следующем виде:

$$u[qT] = \sum \vec{m}_1^T [\gamma_m, q, l] \Delta \vec{x}_1[l], \quad (13)$$

где

$$\vec{m}_1^T [\gamma_m, q, l] = [m_0 : m_1[qT] : m_2[\gamma_m, q_1 T, q_2 T : \dots : \dots]], \quad (14)$$

$$\Delta \vec{x}_1^T [l] = [1 : \Delta x_1[qT] : \Delta x_1[l_1 T] \Delta x_1[l_2 T] : \dots : \dots], \quad (15)$$

$$\Delta x_1[lT] = x[lT] \cdot T. \quad (16)$$

Выражения, определяющие связь дискретных импульсных характеристик  $m_r[\gamma_m T, l_1 T, \dots, l_r T]$  с параметрами модифицированного цифрового  $\Sigma$ -ЧИМ, приведены в приложении.

2) Стохастическая вольтерровская модель разомкнутой ДЧИУС объектами с запаздыванием с учётом (3) - (16) формируется в виде

$$z[qT] = \sum \Delta \vec{x}_1^T [m] \vec{P}[\gamma_0, \gamma_m, q, m, l] \Delta * \vec{w}[l], \quad (17)$$

где векторы  $\Delta \vec{x}_1[m]$  и  $\Delta * \vec{w}[l]$  определяются, соответственно, в виде (15) и (3);

$$\vec{P}[\gamma_0, \gamma_m, m, l] = \begin{bmatrix} P_{0,0} & P_{0,1}[l_1] & \dots & P_{0,1}[l_1 T, l_2 T] \\ P_{1,0}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T] & \dots & P_{1,1}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, l_1 T] \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{r,0}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots, m_r T] \dots P_{1,1}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots, l_s T] \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}. \quad (18)$$

Дискретные импульсные характеристики  $p_{r,s}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots, m_r T, l_1 T, \dots, l_s T]$  определяются объединением рядов (3) и (14). В терминах многомерного z-преобразования они определяются из следующих соотношений:

$$P_{0,0} = h_{0,0}; P_{1,0}(z) = H_{1,0}(z)M_1(z); \quad (19)$$

$$P_{2,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) = H_{1,0}(\gamma_0, z_1, z_2)M_2(\gamma_m, z_1, z_2) + H_{2,0}(\gamma_0, z_1, z_2)M_1(z_1)M_2(z_2); \quad (20)$$

$$P_{0,1}(\gamma_0, \gamma_m, z) = H_{0,1}(\gamma_0, \gamma_m, z); \quad (21)$$

$$P_{0,2}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) = H_{0,2}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2); \quad (22)$$

$$P_{1,1}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) = H_{1,1}(\gamma_0, z_1, z_2)M_1(z_1); \quad (23)$$

$$P_{1,2}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2, z_3) = H_{1,2}(\gamma_0, z_1, z_2, z_3)M_1(z_1); \quad (24)$$

$$P_{2,1}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2, z_3) = H_{1,1}(\gamma_0, z_1, z_2, z_3)M_2(\gamma_m, z_1, z_2) + H_{2,1}(\gamma_0, z_1, z_2, z_3)M_1(z_1)M_1(z_2); \quad (25)$$

$$P_{2,2}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, \dots, z_4) = H_{1,2}(\gamma_0, z_1, z_2, z_3, z_4)M_2(\gamma_m, z_1, z_2) + H_{2,2}(\gamma_0, z_1, \dots, z_3)M_1(z_1)M_1(z_2) \text{ и т.д.} \quad (26)$$

Для приведенного на рис 1. строится:

2.1 Вольтерровская модель дискретного ФИ [3] в виде

$$u[qT] = \sum_{k=1}^{\infty} \beta_{2k-1} \left( \frac{y[qT]}{\Delta} \right)^{2k-1}, \quad \bar{s}_0[qT] = \sum_{k=1}^{\infty} c_{2k} \left( \frac{y[qT]}{\Delta} \right)^{2k}, \quad (27)$$

где коэффициенты  $\beta_k, c_k$  определяются соотношениями:

$$\beta_k = \frac{1}{\sigma_{\xi}^k} \left\{ b_k + \sum_{i=1}^{\infty} (-1)^i c_{(k+2i)}^1 b_{(k+2i)} \prod_{i=1}^i c_{2i-2}^{2i-2} \right\},$$

$$b_k = \begin{cases} 0, & k = 0, 2, 4, \dots, \\ 2 \exp\left[-\frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sigma_{\xi}}\right)^2\right], & k = 1, 3, 5, \dots, \\ \frac{1}{k! \sqrt{2\pi}}, & k = 1, 3, 5, \dots, \end{cases}, \quad c_{2k} = \sum_{j=1}^k \beta_{2j-1} \beta_{2(k-j)+1}. \quad (28)$$

2.2 Вольтерровская модель ДБС [3] в виде

$$y[qT] = \sum_{q_1=0}^q \bar{d}_0[\gamma_m T, q_1 T] x[(q - q_1)T] +$$

$$+ \sum_{k=1}^q \sum_{q_1, \dots, q_{k+1}=0}^q \bar{d}_k[\gamma_m T, q_1 T, \dots, q_{k+1} T] x[(q - q_1)T] \prod_{j=2}^{k+1} s[(q - q_j)T], \quad (29)$$

где

$$\bar{D}_0(z) = \frac{z}{z - d_0},$$

$$\bar{D}_{k-1}(\gamma_m, z_1, z_2, \dots, z_{k+1}) = \bar{D}_0(z_1 \cdot z_2 \cdot \dots \cdot z_{k+1}) - G_{\tau_m}(\gamma_m, z_1 \cdot z_2 \cdot \dots \cdot z_{k+1}),$$

$$G_{\tau_m}[z] = \frac{z}{z - 1} [1 - z^{-\gamma_m}] \quad (30)$$

2.3. Вольтерровская модель цифрового  $\Sigma - \text{ЧИМ}$  (14). Дискретные импульсные характеристики  $m_r[\gamma_m T, q_1 T, \dots, q_r T]$  определяются из следующих соотношений:

$$M_1(\gamma_m, z) = \frac{\beta_1}{\Delta} \bar{Q}_1(\gamma_m, z), \quad M_{2k}(\gamma_m, z_1, \dots, z_{2k}) = 0, \quad k = 1, 2, 3, \dots, \quad (31)$$

$$M_3(\gamma_m, z_1, z_2, z_3) = \frac{\beta_3}{\Delta^3} \prod_{j=1}^3 \bar{Q}_1(\gamma_m, z_j) + \frac{\beta_1}{\Delta} \bar{Q}_3(\gamma_m, z_1, z_2, z_3), \quad (32)$$

$$\bar{Q}_1(z) = \bar{D}_0(z), \quad \bar{Q}_{2k}(\gamma_m, z_1, \dots, z_{2k}) = 0, \quad k = 1, 2, 3, \dots, \quad (33)$$

$$\bar{Q}_3(\gamma_m, z_1, z_2, z_3) = \frac{c_2}{\Delta^2} \bar{D}_1(\gamma_m, z_1 z_2 z_3) \prod_{j=1}^3 \bar{Q}_1(z_j), \quad (34)$$

3) Уравнение замкнутой ДЧИУС объектами с запаздыванием с учётом (16) примет вид:

$$x[qT] = f[qT] - \sum \Delta \bar{x}_1[m]^T \bar{P}[\gamma_0, \gamma_m, q, m, l] \Delta * \bar{w}[l]. \quad (35)$$

Решение этого уравнения примет вид:

$$x[qT] = \sum \Delta \bar{f}_1^T[m] \bar{c}[\gamma_0, \gamma_m, q, m, l] \Delta * \bar{w}[l], \quad (36)$$

где вектор  $\Delta * \bar{w}[l]$  определен в (6);

$$\Delta \vec{f}_1^T[m] = [1 : \Delta f_1[mT] : \Delta f_1[m_1 T] \Delta f_1[m_2 T] : \dots]; \quad (37)$$

$$\Delta f_1[mT] = f[mT] \cdot T; \quad (38)$$

$$\vec{c}[\gamma_0, \gamma_m, m, l] = \begin{bmatrix} c_{0,0} & c_{0,1}[lT] & c_{0,1}[l_1 T, l_2 T] \dots \\ c_{1,0}[mT] & c_{2,1}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, m_2 T, l_1 T] \dots \\ c_{2,0}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, m_2 T] c_{2,1}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots, l_1 T] \\ \dots \dots \dots \\ c_{r,0}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots, m_r T] c_{r,s}[\gamma_0 T, \gamma_m T, \dots, l_s T] \\ \dots \dots \dots \end{bmatrix}. \quad (40)$$

Дискретные импульсные характеристики  $\vec{c}_{r,s}[\gamma_0 T, \gamma_m T, m_1 T, \dots, m_r T, l_1 T, \dots, l_s T]$ , определяются из тождества, полученного подстановкой ряда (19) в уравнение (18). Например, в терминах многомерного z-преобразования они имеют вид:

$$\vec{C}_{0,0} = -\sum \bar{P}_{r,0}(1, \dots, 1) C_{0,0}^r; \quad \bar{C}_{1,0} = \frac{1}{1 + \sum_{r=1}^N C_r^1 \bar{P}_{r,0}(z, 1, 1, \dots, 1) C_{0,0}^{r-1}}; \quad (41)$$

$$\bar{C}_{2,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) = -\frac{\sum_{r=2}^N \bar{P}_{r,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2, 1, \dots, 1) C_r^2 C_{0,0}^{r-1} \prod_{i=1}^2 C_{1,0}(z_i)}{1 + \bar{P}_{1,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) + \sum_{r=2}^N \bar{P}_{r,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2, 1, \dots, 1) C_r^1 C_{0,0}^{r-1}}; \quad (42)$$

$$\bar{C}_{0,1}(\gamma_0, \gamma_m, z) = -\frac{\bar{P}_{0,1}(z)}{1 + \bar{P}_{1,0}(z) + \sum_{r=2}^N C_r^1 C_{0,0}^{r-1} \bar{P}_{r,0}(\gamma_0, \gamma_m, z, 1, \dots, 1)}; \quad (43)$$

$$\bar{C}_{0,2}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) = -\frac{\bar{P}_{0,2}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) + \bar{P}_{2,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) \prod_{i=1}^2 C_{0,1}(z_i)}{1 + \bar{P}_{1,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2)}; \quad (44)$$

$$\bar{C}_{1,1}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) = -[P_{1,1}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) C_{1,0}(z_1) + \sum_1^N C_r^1 \bar{P}_{r,1}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, 1, \dots, 1, z_2)] \times \\ \times C_{1,0}(p_1) C_{0,0}^{r-1} + \bar{P}_{2,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2) C_{1,0}(z_1) C_{1,0}(z_2) / [1 + P_{1,0}(\gamma_0, \gamma_m, z_1, z_2)] \text{ и т.д.} \quad (45)$$

Ряд (19) является стохастической вольтерровской моделью эквивалентной стохастической цифровой  $\sum -$  ЧИСАУ с запаздыванием.

Полученные в работе стохастические вольтерровские модели цифровой ДЧИУС объектами с запаздыванием могут быть непосредственно использованы для статистического анализа и синтеза, а также позволяют построить статистически линеаризованные приближенные модели данного класса систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Айтчанов Б.Х., Ескендинова Д.М.* Оценка оптимальных настроечных параметров динамических частотно-импульсных управляющих систем. // Вестник Восточно-Казахстанского Технического университета им. Д. Серикбаева. Усть-Каменогорск, 2010, №2.- С. 53-57.
2. *Айтчанов Б.Х.* Методы математического описания частотно-импульсных систем управления объектами с запаздыванием. // Вестник КазНТУ. Алматы: КазНТУ, 2002, №2(30).- С. 72-82.
3. *Айтчанов Б.Х., Попова И.Е.* Статистические исследования цифровых динамических частотно-импульсных систем автоматического управления объектами с запаздыванием. // Информатизация и автоматизация технологии. Алматы: КазНТУ, 1996. - С. 41-49.
4. *Попков Ю.С., Киселев О.Н., Петров Н.П., Шмульян Б.Л.* Идентификация и оптимизация нелинейных стохастических систем. М.,1976. –438 с.
5. *Айтчанов Б.Х.* Параметрический синтез динамических частотно-импульсных систем автоматического управления объектами с запаздыванием. // Информатизация и автоматизация технологии. Алматы: КазНТУ, 1996.- С. 34-40.
6. *Айтчанов Б.Х.* Дискретные нелинейные системы, эквивалентные и мажорирующие частотно-импульсные системы с запаздыванием. Труды 3-ей международной научно-технической конференции ” Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях ”. Алматы: АИЭС, 2002. –334-337 с.
7. *Aitchanov B.H., Baimuratov O.A., Kozhamzharova D.K., Nikulin V.V.* Structural transformation and Analysis of a Control System Based on Digital Dynamic Pulse Frequency Modulation for Objects with Transport Delay. Modern directions of theoretical and applied researches’2013, SWorld – 19-30, March 2013.

REFERENCES

1. *Aitchanov B.H., Eskendirowa D.M.* Ocenka optimal'nyh nastroechnykh parametrov dinamicheskikh chastotno-impul'snykh upravlyayushih sistem. // Vestnik Vostochno-Kazahstanskogo Tehnicheskogo universiteta im. D. Serikbaeva. Ust'-Kamenogorsk, 2010, №2.- S. 53-57.
2. *Aitchanov B.H.* Metody matematicheskogo opisaniya chastotno-impul'snykh sistem upravleniya ob'ektami s zapazdyvaniem. // Vestnik KazNTU. Almaty: KazNTU, 2002, №2(30).- S. 72-82.
3. *Aitchanov B.H., Popova I.E.* Statisticheskie issledovaniya cifrovyyh dinamicheskikh chastotno-impul'snykh sistem avtomaticheskogo upravleniya ob'ektami s zapazdyvaniem. // Informatizatsiya i avtomatizatsiya tehnologii. Almaty: KazNTU, 1996. - S. 41-49.
4. *Popkov Yu.S., Kiselev O.N., Petrov N.P., Shmul'yan B.L.* Identifikatsiya i optimizatsiya nelineinykh stohasticheskikh sistem. M.,1976, 438 s.
5. *Aitchanov B.H.* Parametricheskii sintez dinamicheskikh chastotno-impul'snykh sistem avtomaticheskogo upravleniya ob'ektami s zapazdyvaniem. // Informatizatsiya i avtomatizatsiya tehnologii. Almaty: KazNTU, 1996.- S. 34-40.
6. *Aitchanov B.H.* Diskretnyye nelineinye sistemy, ekvivalentnyye i mazhoriruyushie chastotno-impul'snye sistemy s zapazdyvaniem. Trudy 3-ei mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferencii Energetika, telekommunikatsii i vyshee obrazovanie v sovremennykh usloviyah. Almaty: AIES, 2002.- S 334-337.
7. *Aitchanov B.H., Baimuratov O.A., Kozhamzharova D.K., Nikulin V.V.* Structural transformation and Analysis of a Control System Based on Digital Dynamic Pulse Frequency Modulation for Objects with Transport Delay. Modern directions of theoretical and applied researches’2013, SWorld 19-30 March 2013.

Айтжанов Б. Қ., Баймұратов Ә. А.

**Кешігетін объектілерді автоматты басқарудың динамикалық жиілік-импульстік жүйелерін вольтердің функционалдық қатарларымен математикалық модельдерін құру әдістері**

**Түйіндеме.** Мақалада кешігетін объектілерді автоматты басқарудың динамикалық жиілік-импульстік жүйелерін Вольтердің функционалдық қатарларымен математикалық модельдерін құру әдістері қарастырылған. Цифрлы жүйесінің математикалық сипаттамаларын алау үшін оған эквивалентті стохастикалық цифрлы динамикалық жиілік-импульстік сызықтық емес жүйесі құрастырылды.

**Негізгі сөздер:** цифрлы динамикалық жиіліктік-импульстік басқару жүйесі, динамикалық жиілік-импульстік модуляция, басқару жүйесі, жиілік-импульстік модуляция.

Айтчанов Б. Х., Баймуратов О. А.

**Стохастические дискретные вольтеровские модели цифровых динамических частотно-импульсных управляющих систем с запаздыванием.**

**Резюме.** В данной работе рассматривается методика построения математических моделей цифровых динамических частотно-импульсных управляющих систем объектами с запаздыванием в классе дискретных функциональных рядов Вольтерра. Для получения математического описания цифровой системы использована эквивалентная ей нелинейная система, процессы в которой тождественны процессам в реальной стохастической цифровой динамической частотно-импульсной управляющей системе с запаздыванием.

**Ключевые слова:** цифровая динамическая частотно-импульсная управляющая система, динамическая частотно-импульсная модуляция, система управления, частотно-импульсная модуляция.

Aitchanov B. H., Baimuratov O. A.

**Stochastic discrete Volterra models of digital dynamic pulse-frequency control systems with delay.**

**Summary.** This paper considers the method of mathematical models of dynamic digital pulse-frequency control systems objects with delay in the class of discrete functional Volterra series. To get the mathematical description of a digital system were used an equivalent to it non-linear systems, in which the processes are identical to the actual stochastic dynamic digital pulse-frequency control system with delay.

**Keywords:** digital dynamic pulse-frequency control system, dynamic pulse-frequency modulation, control system, pulse-frequency modulation.

УДК 004.416.6

**М.А. Жумашев**

(Международный университет информационных технологий, г. Алматы, Республика Казахстан)

**ОБМЕН СООБЩЕНИЯМИ МЕЖДУ ОБЛАКОМ И УСТРОЙСТВОМ**

**Аннотация.** Обмен сообщениями между облаком и Android-устройством (C2DM) – это сервис, который позволяет разработчикам отправлять данные с серверов в приложения на Android-устройствах. Сервис предоставляет простой и легкий механизм, который могут использовать сервера для того, чтобы сообщить мобильным приложениям о связи с сервером напрямую для получения обновлений приложения или данных пользователя. C2DM сервис управляет всеми аспектами организации очередей сообщений и доставки к целевому приложению, запущенному на целевом устройстве.

**Ключевые слова:** мобильное приложение, C2DM, android, сервис обмена сообщениями.

**Главные характеристики C2DM:**

1) позволяет сторонним серверам приложений отправлять небольшие сообщения своим Android приложениям. Сервис обмена сообщениями не предназначен для отправки большого количества пользовательских данных через сообщения. Напротив, он должен использоваться для сообщения приложению, что есть новые данные на сервере, и что приложение может забрать их;

2) приложение на Android устройстве не нужно запускать для получения сообщений. Система запустит приложение через целевую трансляцию, когда придет сообщение, если приложение установлено с соответствующими приемником трансляции и разрешениями;

3) использует существующее соединение для сервисов Google. Это требует от пользователей установки учетной записи Google на их мобильных устройствах.

**Обзор архитектуры**

Обмен сообщениями между облаком и устройством содержит ключевые термины и понятия, которые могут быть классифицированы как:

1) Компоненты и верительные данные.

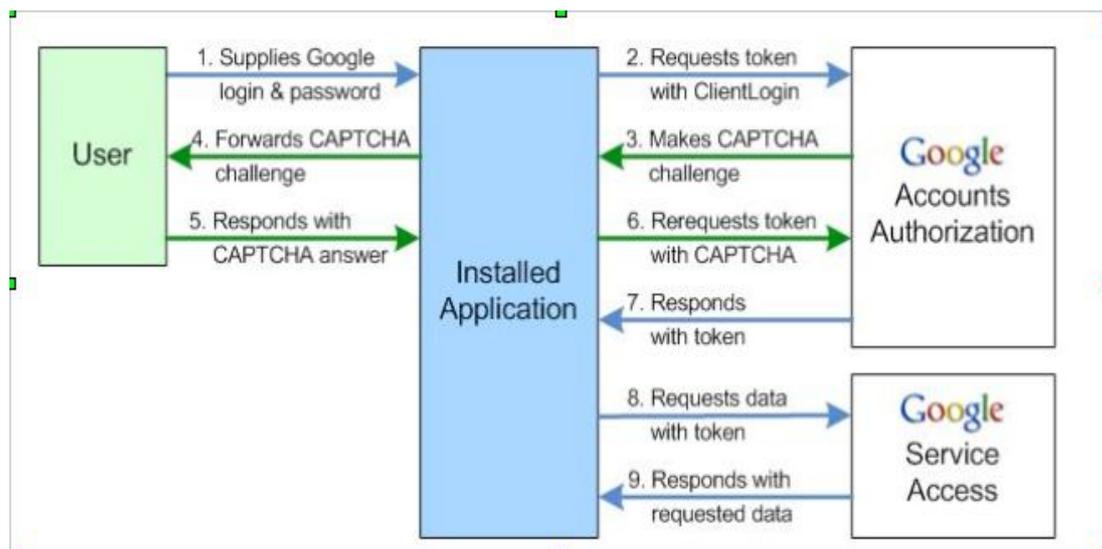


Рис. 1. Архитектура C2DM

### **Верительные данные**

Идентификаторы и токены, которые используются на различных стадиях C2DM для обеспечения того, чтобы все стороны были авторизованы, и чтобы сообщение направлялось в правильное место.

### **Идентификатор отправителя (Sender ID)**

Это электронная почта учетной записи, связанной с разработчиком приложения. Идентификатор отправителя используется в процессе регистрации для идентификации Android приложения, которому разрешается отправлять сообщения на устройство. Этот идентификатор, как правило, основывается на роли, а не на персональной учетной записи, например, [my-app@gmail.com](mailto:my-app@gmail.com)

### **Идентификатор приложения (Application ID)**

Это идентификатор приложения, которое регистрируется для получения сообщений. Приложение определяется по имени пакета из манифеста (manifest). Это гарантирует, что сообщения нацелены на правильное приложение.

### **Регистрационный идентификатор (Registration ID)**

Идентификатор, выданный C2DM-серверами Android-приложению, который позволяет ему получать сообщения. Как только приложение получает регистрационный идентификатор, оно отправляет его стороннему серверу приложений, а тот использует его для идентификации каждого устройства, которое зарегистрировалось с целью получения сообщений для данного приложения. Другими словами, регистрационный идентификатор привязан к определенному приложению, запущенному на определенном устройстве. Чтобы работала учетная запись Google для C2DM, мобильное устройство должно включать хотя бы одну авторизованную учетную запись Google.

### **Токен аутентификации отправителя (Sender Auth Token)**

ClientLoginAuth токен, который сохраняется на стороннем сервере приложений и дает серверу приложений авторизованный доступ к сервисам Google. Токен включен в заголовок POST-запросов, которые отправляют сообщения.

## Жизненный цикл C2DM

Основные процессы, используемые в обмене сообщениями между облаком и устройством:

1. Включение C2DM: Android-приложение, запущенное на мобильном устройстве, регистрируется для получения сообщений.
2. Отправка сообщений: сторонний сервер приложений отправляет сообщения на устройство.
3. Получение сообщения: Android-приложение получает сообщение от C2DM-сервера.

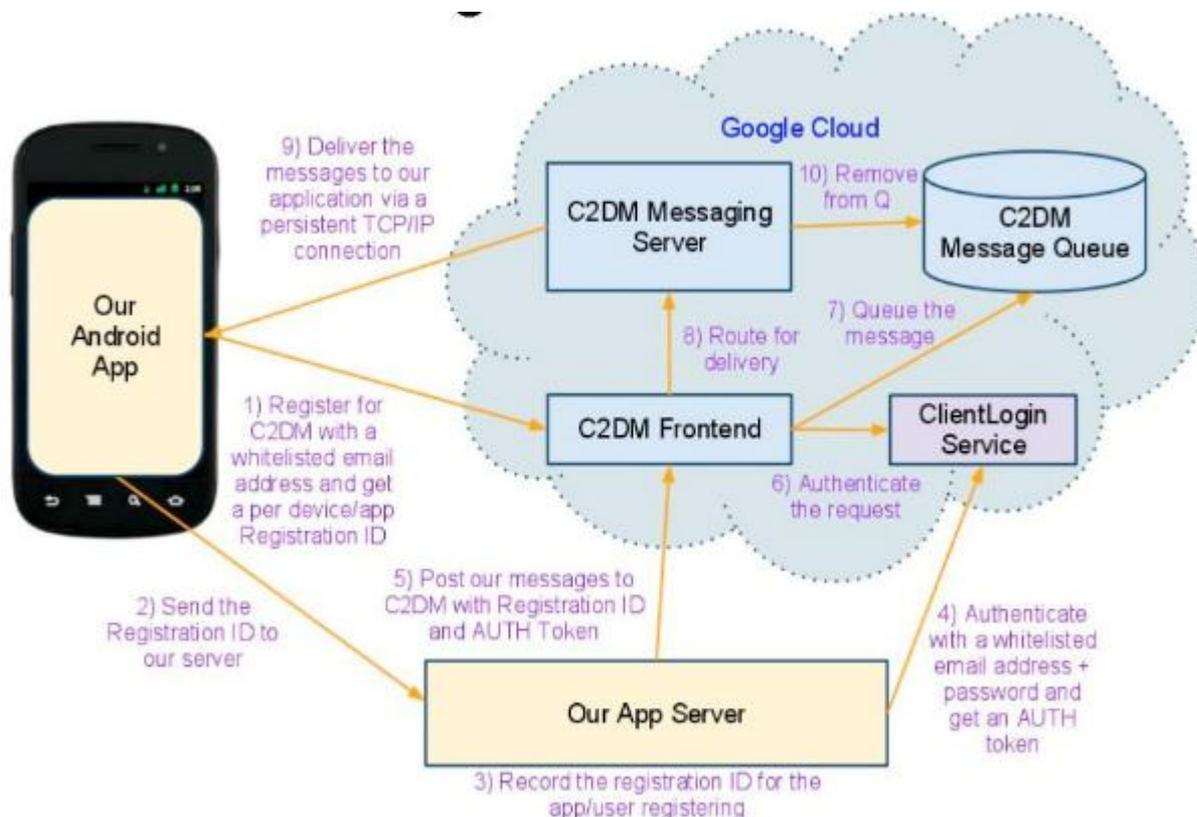


Рис. 2. Жизненный цикл C2DM

## Включение C2DM

Ниже приведена последовательность событий, которые возникают, когда Android приложение, запущенное на мобильном устройстве, регистрируется для получения сообщений:

1. Первый раз, когда приложение должно использовать сервис обмена сообщениями, оно посылает запрос регистрации C2DM серверу.
2. Этот запрос регистрации включает идентификатор отправителя (учетная запись, авторизованная для отправки сообщений приложению, которая, как правило, является адресом электронной почты учетной записи, настроенной разработчиком приложения) и идентификатор приложения.
3. C2DM сервер транслирует запрос, который дает приложению регистрационный идентификатор. Приложение хранит этот идентификатор для дальнейшего использования. Google может периодически обновлять регистрационный идентификатор, поэтому приложение разработано с учетом того, что запрос регистрации (registration intent) может быть вызван несколько раз.
4. Чтобы завершить регистрацию, приложение отправляет регистрационный идентификатор серверу приложений. Сервер приложений, как правило, хранит регистрационный идентификатор в базе данных.
5. Регистрационный идентификатор действует, пока приложение само не отменит регистрацию или пока Google не обновит регистрационный идентификатор для Вашего приложения.

### **Отправка сообщения**

Чтобы сервер приложений отправлял сообщения, должны быть выполнены следующие условия:

1. Наличие регистрационного идентификатора у приложения, который позволяет ему получать сообщения для определенного устройства.

2. Регистрационный идентификатор хранится на сервере приложений.

Существует еще одно условие, которое необходимо для того, чтобы сервер приложений мог отправлять сообщения: Client Login authorization токен. Client Login токен авторизует сервер приложений для отправки сообщений определенному Android-приложению. Сервер приложений имеет один Client Login токен для конкретного стороннего приложения и несколько регистрационных идентификаторов. Каждый регистрационный идентификатор представляет конкретное устройство, которое зарегистрировалось с целью использования сервиса обмена сообщениями для конкретного стороннего приложения.

Последовательность событий, которые возникают, когда сервер приложений отправляет сообщение:

1. Сервер приложений отправляет сообщение C2DM-серверам.

2. Google ставит в очередь и сохраняет сообщение в случае, если устройство неактивно.

3. Если устройство находится онлайн, Google отправляет сообщение устройству.

4. На устройстве система транслирует сообщение определенному приложению через целевую трансляцию с соответствующими разрешениями, так что только целевое приложение получит сообщение. Это запускает приложение. Приложение не требует предварительного запуска для получения сообщения.

5. Приложение обрабатывает сообщение. Если приложение осуществляет нетривиальную обработку, возможно, Вы захотите воспользоваться wake lock и сделать любую обработку в сервисе.

Приложение может отменить регистрацию C2DM, если у него больше нет необходимости получать сообщения.

### **Получение сообщения**

Это последовательность событий, которая возникает, когда Android-приложение, запущенное на мобильном устройстве, получает сообщение:

1. Система получает входящее сообщение и извлекает необработанные пары «ключ/значение» из сообщения.

2. Система передает пары «ключ/значение» целевому Android-приложению в запросе (in a Intent) как набор дополнительных параметров.

3. Android-приложение извлекает необработанные данные из запроса (intent) по ключу и обрабатывает данные.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Gargenta A. Mastering C2DM The Android Cloud to Device Messaging Framework [Электронный ресурс]: <<http://marakana.com/forums/android/general/272.html>>
2. Vogel L. Android Cloud to Device Messaging (C2DM) – Tutorial [Электронный ресурс]: <<http://www.vogella.de/articles/AndroidCloudToDeviceMessaging/article.html>>
3. Android Cloud to Device Messaging Framework [Электронный ресурс]: <http://code.google.com/intl/ru/android/c2dm/>

Жумашев М.А.

**“Бұлт” пен құрылғы арасында ақпарат алмасу.**

**Түйіндеме.** Аталмыш мақала сервер мен құрылғы арасында хабар алмасу технологиясы – C2DM-ге арналған. Технологияның басты сипаттамалары, өмірлік циклы және архитектурасына шолу өткізілген.

**Негізгі сөздер:** мобильдік бағдарлама, C2DM, android, хабар алмасу сервисі.

Жумашев М.А.

**Обмен сообщениями между облаком и устройством.**

**Резюме.** Статья посвящена технологии обмена сообщениями между облаком и устройством - C2DM. Проведен обзор главных характеристик, жизненного цикла и архитектуры C2DM. Приведены принципы его работы и взаимодействия клиента и сервера.

**Ключевые слова:** мобильное приложение, C2DM, android, сервис обмена сообщениями.

Zhumashev M.A.

**Messaging between the cloud and the device.**

**Summary.** The article is devoted to the messaging technology between the cloud and the device - C2DM. A review of the main characteristics of the life cycle and architecture C2DM. The principles of his work and the interaction of client and server.

**Key words:** mobile application, C2DM, android, messaging service.

УДК 621.311

**Ж.К. Касымбеков, А.С. Искакова**

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛОЙ ГЭС КАК ИСТОЧНИКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО  
ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ**

**Аннотация.** Использование возобновляемых источников энергии, в том числе энергии водных ресурсов, в Казахстане является актуальной проблемой. Особенно строительство малой ГЭС в условиях республики требует разработки усовершенствованной технологии и организации работ. В настоящей статье показано современное состояние малой гидроэнергетики в разных странах, в том числе в Республике Казахстан. Проводится оценка потенциала и классификация малой гидроэнергетики. Данная статья нацелена на выявление основных проблем использования малой ГЭС как источника альтернативного энергоснабжения.

**Ключевые слова:** малые гидроэлектростанции, возобновляемая энергия, проектирование малых ГЭС, классификации ГЭС.

Современная гидроэнергетика по сравнению с другими традиционными видами электроэнергетики является наиболее экономичным и экологически безопасным способом получения электроэнергии. Малая гидроэнергетика идет в этом направлении еще дальше. Небольшие электростанции позволяют сохранять природный ландшафт, окружающую среду не только на этапе эксплуатации, но и в процессе строительства. При последующей эксплуатации отсутствует отрицательное влияние на качество воды: она полностью сохраняет первоначальные природные свойства. В реках сохраняется рыба, вода может использоваться для водоснабжения населения. В отличие от других экологически безопасных возобновляемых источников электроэнергии, таких как солнце, ветер, малая гидроэнергетика практически не зависит от погодных условий и способна обеспечить устойчивую подачу дешевой электроэнергии потребителю. Еще одно преимущество малой энергетики - экономичность. В условиях, когда природные источники энергии - нефть, уголь, газ - истощаются, постоянно дорожают, использование дешевой, доступной, возобновляемой энергии рек, особенно малых, позволяет вырабатывать дешевую электроэнергию. К тому же сооружение объектов малой гидроэнергетики низкочувствительно и быстро окупается.

Актуальность и перспективность использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии в Казахстане особо была отмечена Президентом Н.А. Назарбаевым во время встречи со студентами в «Назарбаев университете» (г. Астана, 2012 г.).

В настоящее время доля установленных мощностей гидроэлектростанций, эксплуатируемых в Казахстане, составляет всего 12% единой энергосистемы. А технологические и гидроэнергетические возможности имеющихся водных ресурсов в республике позволяют повысить этот показатель до 45-50 %.

Необходимость проведения усовершенствования схем связана с тем, что в существующих малых ГЭС очень высоки капитальные вложения на строительство энергоисточника из-за массивности отстойника, отдельного расположения канала холостого сброса воды и сложности системы водообеспечения.

Общепринятого для всех стран понятия "малая гидроэлектростанция" нет, в качестве основной характеристики таких ГЭС принята их установленная мощность. Предлагаются классификации по различным параметрам, отражающим особенности этих станций: по мощности, напору, режиму работы, степени автоматизации, по способу создания напора.

Объекты малой гидроэнергетики условно делят на два типа: "мини" - обеспечивающие единичную мощность до 5000 кВт, и "микро", - работающие в диапазоне от 3 до 100 кВт. Использование гидроэлектростанций таких мощностей для Казахстана – вовсе не новое, а хорошо забытое старое: в 50-60-х годах у нас работало несколько тысяч малых ГЭС. Сегодня их количество едва достигает нескольких сотен. Между тем, постоянный рост цен на органическое топливо приводит к значительному удорожанию электрической энергии, доля которой в себестоимости производимой продукции достигает 20 и более процентов. На этом фоне малая гидроэнергетика обретает новую жизнь.

Во многих странах в качестве основной количественной характеристики малой ГЭС принята её установленная мощность. Наиболее часто к малым ГЭС относят ГЭС, мощность которых не превышает 5 МВт (Австрия, Испания, Индия, Канада, Франция, Германия). В некоторых странах малыми называют ГЭС мощностью до 2 МВт (Италия, Норвегия, Швеция, Швейцария). ЮНИДО (Комитет ООН по промышленному развитию) относит к категории *малых* ГЭС мощностью до 5 МВт.

Многообразие классификаций малых ГЭС вызвано следующими факторами: различие природных условий, уровень развития энергетического хозяйства страны, особенность процедуры согласования и утверждения проектов малых ГЭС и др. Иногда происходит изменение принятой классификации (предлагаемые классификации достаточно условны и отражают современный уровень проектно-конструкторских разработок, поэтому в дальнейшем они могут быть изменены). Так, в США, где были приняты меры для стимулирования развития малой гидроэнергетики, дважды законодательно изменялось ограничение по предельной мощности малых ГЭС: первоначально к малым ГЭС относили ГЭС мощностью до 5 МВт, затем этот предел был увеличен до 15 МВт, а в 1980 году максимальная мощность малых ГЭС была ограничена 30 МВт.

В Казахстане ГЭС с общей установленной мощностью от 1 до 30 МВт относят к малым. В связи с наличием горного рельефа в южной и восточной части наша страна, обладает существенным гидроэнергетическим потенциалом: реки, принадлежащие бассейну Иртыша в восточной и северной части страны, река Урал – в западной, реки Сырдарья и относящиеся к бассейну озера Балхаш – в южной части страны.

В СНГ, в том числе в Казахстане, разрабатываются национальные программы развития малой гидроэнергетики. Так, в 2005 году Правительством Казахстана и принята концепция по строительству до 2015 года 20 МГЭС с годовой выработкой электроэнергии 4,8 млрд. кВт часов.

Большинство малых ГЭС, спроектированных и построенных в Казахстане, не имеют специальных водохранилищ. В них не предусмотрены предварительные сборы воды путем строительства плотин. Поэтому они вырабатывают электроэнергию за счет перепада естественного уровня воды в водоисточнике[2]. В периоды высыхания реки или падения скорости потока ниже определенной величины производство электроэнергии приостанавливается.

Самым большим барьером на пути широкомасштабного развития малой гидроэнергетики в республике являются высокие капитальные затраты, вызванные необходимостью строительства трудоемких и громоздких отстойников, канала холостого сброса. Несмотря на этот факт и значительный (в некоторых странах), срок окупаемости – 7-10 лет, малые ГЭС являются рентабельными из-за их продолжительного срока службы (более 70 лет) и низких затрат на техническое обслуживание.

Стимулирующими факторами к строительству малых ГЭС являются:

- постоянная возобновляемость водных ресурсов;
- минимальное влияние на окружающую среду;
- низкая себестоимость электроэнергии по сравнению с тепловыми станциями;
- значительная экономия минерального топлива;

- улучшение коммунально-бытовых условий и труда людей;
- малые ГЭС не требуют длительных сроков строительства;
- низкая капиталоемкость, короткий инвестиционный цикл.

Необходимо подчеркнуть, что объекты МГЭС – сфера, привлекающая интерес частного капитала. Оптимальные сроки окупаемости строительства малых гидросооружений – 4-5 лет, а с ростом стоимости электроэнергии, приобретаемой на оптовом и розничных рынках, эти сроки уменьшаются через относительно короткий период года в полтора раза, что привлекательно для малого и среднего бизнеса. Однако необходимо отметить общие и специфические проблемы стран СНГ, препятствующие дальнейшему развитию этой отрасли.

В первую очередь, отсутствие долгосрочных финансовых ресурсов для возведения малых ГЭС. Заказчиками строительства, в основном являются региональные и муниципальные органы исполнительной власти, средний бизнес. Финансирование такого строительства из государственного бюджета, как правило, не предусматривается. Банки и лизинговые компании не принимают должного участия в строительстве МГЭС из-за длительного (по условиям финансирования банками) срока окупаемости, незначительных объемов капитальных вложений. Сложной и длительной остается процедура отвода земель под строительство малых гидроэлектростанций, согласования проектов станций. В некоторых странах СНГ сетевые компании завышают требования по технологическому присоединению к сетям МГЭС.

По указанным причинам имеются различные подходы к реализации политики расширения отрасли. В России, например, согласно Стратегии развития энергетики до 2020 года, планируется увеличить долю ВИЭ до 4% в ближайшие десять лет, что примерно в пять раз меньше, чем потенциал возобновляемой энергетики, который можно реализовать на уровне современного экономического развития.

В Казахстане – подобная ситуация. Принятый закон о поддержке возобновляемой энергетики, носит скорее рамочный характер и не содержит конкретных механизмов по стимулированию развития этой отрасли энергетики. До 2020 года доля возобновляемой энергии должна составить 2,5%, что свидетельствует о низких темпах роста возобновляемой энергетики, в том числе малой. Некоторые эксперты полагают, что недостаточное внимание может определяться сохраняющимся устаревшим стереотипом отношения к малой энергетике, а также высокими запасами органического топлива.

Большинство стран мира имеют программы развития малой гидроэнергетики как одного из видов возобновляемых источников. В результате дальнейшего совершенствования технологий использования гидроэнергетического потенциала малых рек и соответствующего снижения стоимости производимой ими электроэнергии, а также государственной поддержки этого сектора энергетики в большинстве развитых и во многих развивающихся странах мира ее доля неуклонно возрастает. Этому в немалой степени способствует рост использования возобновляемых источников энергии, вызванный необходимостью адаптации к глобальному изменению климата, снижения расходов и экономии органических ресурсов.

Одно из основных требований к гидротехническим сооружениям малых ГЭС заключается в минимизации стоимости их строительства и эксплуатации, а также проектирования. Проектирование малых ГЭС на современном этапе имеет ряд характерных особенностей. Прежде всего, следует отметить отсутствие преемственности опыта проектирования. Использование прошлого опыта возможно лишь по данным, приведенным в литературе, и немногим оставшимся в эксплуатации малым ГЭС. Специфика проектирования малых ГЭС не отражена в современных нормативных и методических разработках, а для таких разработок необходим анализ предшествующего опыта.

К созданию малых ГЭС нового поколения нужен новый подход, не отягощенный практикой проектирования прошлых лет. Для достижения цели необходимо продолжать исследования, и по мере накопления нового опыта вносить определенные поправки.

Таким образом, в современных условиях, когда долговременные инвестиции оказываются неэффективными, строительство малых ГЭС, связанное с созданием нового напорного фронта, значительным расходом материалов на здание ГЭС, затоплением территорий и других мероприятий, требующих существенных капитальных вложений, представляется экономически нецелесообразным. В связи с этим наиболее перспективными являются малые и микро ГЭС, использующие готовый напорный фронт и ту или иную деривационную схему, при минимальных затратах на водоводы и зда-

ние ГЭС. Кроме того, создание малой ГЭС может изменить эстетику участка, рекреационные и навигационные условия и, конечно, среду обитания рыб. Анализируя вышесказанное, можно сделать вывод, что малая ГЭС обеспечивает электроэнергию для центральных электросетей, изолированных электросетей и удаленных источников энергии. Кроме того, малая ГЭС – это надежность, очень низкие эксплуатационные затраты, уменьшение зависимости от изменения цен на электроэнергию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Великанов Ю.С., Закачурина Е.В.* Роль малых ГЭС в рациональном использовании малых рек // Гидротехническое строительство. - 1987. – 135 с.
2. *Михайлова Л.П.* Малая гидроэнергетика - М.: Энергоатомиздат, 1989. – 294 с.
3. *Перекалин О.М., Цакирис Д.Х., Малинин Н.К.* Здания и турбинное оборудование малых ГЭС: Методические указания: Моск. энерг. институт, 1989.
4. *Старшикова Ю.Н.* Мировая энергетика: прогноз развития до 2020 г. - М.: Энергия, 1980. - 256 с.
5. *Кажинский Б.Б.* Гидроэнергетические и ветроэнергетические станции малой мощности / Под ред. Н.В. Погоржельского. М., 1976.
6. *Вильковский И.Я.* Гидроэнергетика Казахстана // Современное состояние и перспективы. - Алматы: ТОО «Казгидро», 2007. 13с.
7. *Мырзахметов М.М., Касымбеков Г.Ж.* Водоснабжение гидротурбин малых электростанций с использованием гидросиклона // Материалы Международной научно-технической конференции по водоснабжению и строительству. Киргизский архитектурно-строительный институт. – Бишкек, 2009. – С. 35-36.
8. Каратальская ГЭС-2 на реке Каратал // Общая пояснительная записка ТОО «Казгидро». – Алматы. – 2007. – 84с.
9. *Дукенбаев К.* Энергетика Казахстана. Движение к рынку. - Алматы: Гылым, 1998. - 584 с.

#### REFERENCES

1. Velikanov YU. S., Zakachurina E.V. Rol' malykh GES v ratsional'nom ispol'zovanii malykh rek // Gidrotekhnicheskoe stroitel'stvo. - 1987. – 135 s.
2. Mikhailova L.P. Malaya gidroenergetika- M.: Energoatomizdat, 1989. – 294s.
3. Perakalin O.M., Tsakiris D.Kh., Malinin N.K. Zdaniya i turbinnoe oborudovaniye malykh GES: Metodicheskie ukazaniya: Mosk. energ. institut, 1989.
4. Starshikova Yu.N. Mirovaya energetika: prognoz razvitiya do 2020 g. - M.: Energiya, 1980. – 256 s.
5. Kazhinskii B.B. Gidroenergeticheskie i vetroenergeticheskie stantsii maloy moshchnosti / Pod red. N.V. Pogorzhe'skogo. M., 1976.
6. Vil'kovskiy I.Ya. Gidroenergetika Kazakhstana // Sovremennoe sostoyaniye i perspektivy. - Almaty: TOO «Kazgidro», 2007. 13s.
7. Myrzakhmetov M.M., Kasymbekov G.Zh. Vodosnabzheniye gidroturbin malykh elektrostantsii s ispol'zovaniem gidrotsyklona // Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsiy po vodosnabzheniyu i stroitel'stvu. Kirgizskiy arkhitekturno – stroitel'nyy institut. – Bishkek, 2009. – 35-36 s.
8. Karatal'skaya GES - 2 na reke Karatal // Obshchaya poyasnitel'nayazapiska TOO «Kazgidro». – Almaty, 2007. 84 s.
9. Dukenbaev K. Energetika Kazakhstana. Dvizheniye k rynku. - Almaty: Gylym, 1998. - 584 s.

Қасымбеков Ж.К., Исакова А.С.

#### **Баламалы энергия жабдықтау көзі ретінде шағын ГЭС пайдалану.**

**Түйіндемесі.** Осы мақалада Қазақстанда жаңартылған энергия көздерін, соның ішінде су ресурстарының энергиясын пайдалану көрсетілген, өйткені шағын гидроэнергетиканың әр түрлі елдердегі маңызды мәселе болып табылады. Шағын гидроэнергетиканың жіктелуі және шамасын бағалау жүргізілді. Мақала шағын гидроэлектрстанциясын баламалы энергия жабдықтау көзі ретінде пайдаланудың негізгі мәселелерін анықтауға бағытталған.

**Маңызды сөздер:** Шағын гидроэлектрстанциялар, жаңартылған энергия, шағын ГЭС жобалау, ГЭС жіктелуі.

Қасымбеков Ж.К., Исакова А.С.

#### **Использование малой ГЭС как источника альтернативного энергоснабжения**

**Резюме.** В настоящей статье приводится анализ использования возобновляемых источников энергии, в том числе энергии водных ресурсов в Казахстане, так как это является актуальной проблемой современного состояния малой гидроэнергетики в разных странах. Проводится оценка потенциала и классификация малой гидроэнергетики. Данная статья нацелена на выявление основных проблем использования малой ГЭС как источника альтернативного энергоснабжения.

**Ключевые слова:** малые гидроэлектростанции, возобновляемая энергия, проектирование малых ГЭС, классификации ГЭС.

Kasymbekov Zh., Iskakova A.S.

**The use of small hydroelectric power station as a source of an alternative energy supply**

**Summary.** In this paper we show the current state of small hydropower in different countries, including the Republic of Kazakhstan. The use of renewable sources of energy, including water energy resources is an actual problem of Kazakhstan. Especially the construction of a small hydroelectric power station in the republic requires the development of technologies and organization of work. The estimation and classification of potential small hydro. This article is aimed at identifying the main problems of using small hydroelectric power station as an alternative source of supply.

**Key words:** Small hydroelectric power stations, renewable energy, design of small hydroelectric power station, hydroelectric power station classification.

УДК 624.537

**С.Ш. Алжанбаев, А.К. Муканов**

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

**МЕЖВУЗОВСКИЙ НАУЧНО-УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР «ЧС» ПРИ КАЗНТУ**

В соответствии с результатами проведенных исследований на основании пункта 6 Постановления Кабинета Министров Республики Казахстан от 30.09.1993 года №969 "О мерах по созданию системы обучения населения и специалистов по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях", в ноябре 2009 года при КазНТУ открыт межвузовский научно-учебный центр "Безопасность в ЧС". В настоящее время в системе МОН РК отсутствует организация по проведению научно-исследовательских работ по вопросам подготовки и обучения населения и специалистов действиям в ЧС.

Центр создан с целью повышение качества подготовки специалистов на основе разработки и внедрения научных исследований по безопасности и охране труда, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуации природного и техногенного характера со следующими задачами:

- планирует, организует и проводит тактико-специальные учения, комплексные и командно-штабные учения студенческих формирований ГО и ЧС г. Алматы;
- разрабатывает, внедряет и подготавливает к сертификации по требованиям международных стандартов систему менеджмента качества ИСО 9001:2000 и систему профессиональной безопасности и охраны труда OHSAS 18001: 1999;
- проводит научно-исследовательские работы на тему: "Разработка логических интегральных систем предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера";
- оказывает услуги по созданию студенческих формирований и проведению объектовых учений ГО и ЧС.

Для разработки и внедрения научных вопросов намечено создать филиалы Центра в:

- КазНУ имени аль-Фараби (центр экстренной психологической помощи) - для гуманитарных ВУЗов;

- КТИ (Кокчетавский технический институт) - для военных училищ.

- МУЦГО и ЧС (межвузовские учебные центры) - во всех городах Казахстана.

Структура межвузовских научно-учебных центров и учебных центров в городах имеющих вузы, приведен на рисунке 1.



Рис. 1. Структура МУЦ и МНУЦ

Во исполнение "Меморандума о взаимопонимании по снижению риска бедствий в секторе образования" между МОН РК, МЧС РК и фондом ООН "ЮНИСЕФ" Межвузовским научно-учебным центром "Безопасность в ЧС" при КазНТУ имени К.И.Сатпаева совместно с Департаментом по ЧС г. Алматы выполнена следующая работа:

Логистическая система обучения студентов вузов по действиям ЧС обсуждена, получено одобрение на разных уровнях руководства КазНТУ имени К.И. Сатпаева, Департамента по ЧС г. Алматы, акимата г. Алматы, МЧС РК и МОН РК;

В соответствии с поручением министра по ЧС РК В.К. Божко, проведены показательные учения "Действия органов управления, формирования ГО и ЧС при ликвидации последствий ЧС техногенного характера на станции метрополитена на базе горного полигона КазНТУ имени К.И. Сатпаева", согласно постановлению межведомственной комиссии по предупреждению и ликвидации ЧС при акимате г.Алматы от 14 марта 2009г. №4;

25 декабря 2009 года проведена Международная научно-техническая конференция "Инновации в безопасности жизнедеятельности", где была впервые открыта секция "информационно-образовательные технологии", с организацией выставки спец.оборудования и спасательной техники;

Межведомственной комиссией по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций при акимате г. Алматы подписано Постановление №1 от 21 января 2010 года "О проведении тактико-специального учения ГО и ЧС со студентами вузов г. Алматы" на базе КазНТУ имени К.И. Сатпаева.

Проведены полномасштабные испытания системы, завершившиеся 28 мая 2010 года тактико-специальными учениями с участием студенческих формирований вузов г. Алматы: КазНТУ им. К.И. Сатпаева, КазНУ имени аль-Фараби; КазНМУ имени С.Асфандиярова; АИЭС; КазАТК имени М. Тынышпаева; КазНАУ; ААЭС.

Согласовывается текст проекта Постановления Кабинета Министров Республики Казахстан "О мерах по созданию системы обучения специалистов по предупреждению и действиям в чрезвычайных ситуациях".

Получен Акт Межведомственной комиссии по результатам апробации логистической системы обучения студентов вузов по действиям ЧС, где отмечено, что она позволяет повысить качество подготовки специалистов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александровский Ю.А. Психические расстройства во время и после чрезвычайной ситуации / Психиатрия и психофармакотерапия. 2001. Т.3. №4. С. 32-39.
2. Батаршев А.В. Тестирование: Основной инструментальный практического психолога: [учебное пособие]. – М.: Изд-во «Дело», 1999. – 240 с.

Алжанбаев С.Ш., Муканов А.К.

**Межвузовский научно-учебный центр «ЧС» при КазНТУ.**

**Резюме.** Данный межвузовский научно-учебный центр был создан с целью повышения качества подготовки специалистов на основе разработки и внедрения научных исследований по безопасности и охране труда, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуации природного и техногенного характера.

Alzhanbayev S., Mukanov A.

**Interuniversity research and educational centre «ChS» at KazNTU.**

**Summary.** This Interuniversity Research and Training Center was established to improve the quality of training through the development and implementation of research on health and safety, prevention and elimination of emergency situations of natural and man-made

УДК 66.045.678.027

**А.О. Оспанова, М. Бердиева**

### **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ**

Задача оптимизации химических реакторов может быть сформулирована следующим образом: при любых значениях независимых переменных процесса, т.е. входных переменных, найти такие значения управляющих переменных, которые позволят достичь экстремума критерия оптимизации, целевой функции, при условии выполнения всех связей и ограничений, наложенных на переменные. В качестве уравнений связи обычно представляются математические модели химических реакторов, требования на качество конечного продукта. Ограничениями, наложенными на переменные, являются рабочие условия ведения процесса в реакторах. В качестве критерия может быть производительность реакторов или экономические критерии, например, себестоимость готового продукта, исходящая из материальных и энергетических затрат.

Итак, задача оптимизации может быть сформулирована следующим образом:

- из допустимого множества значений температур найти такие оптимальные значения температуры в каждом аппарате, чтобы провести процесс за минимальное суммарное время от заданного состояния  $C_0 = 0$  до заданного конечного состояния  $M^{зад}, C^{зад}$ , при фиксированных объемах аппаратов с учетом ограничений.

Целевая функция имеет вид:

$$J = \min_{T_j, C_1} \tau(T_j, C_1); \quad \overline{j=1, m}$$

Для решения задачи оптимизации химических реакторов могут использоваться классические методы вариационного исчисления, методы нелинейного программирования, принцип максимума Л.С. Понтрягина, метод динамического программирования Р. Беллмана.

Рассмотрим вкратце особенности применения указанных методов.

Характерной особенностью задач оптимизации реальных промышленных процессов является наличие ограничений на фазовые и управляющие переменные. В силу этого применение классических методов математического анализа и вариационного исчисления для оптимизации химических реакторов является весьма затруднительным. Этим трудностям можно избежать, преобразовав задачу с ограничениями в эквивалентную ей последовательность задач безусловной оптимизации путем введения в рассмотрение штрафных функций. Переход от задачи минимизации при наличии ограничений позволяет производить оптимизацию с помощью более простых алгоритмов. При использовании метода штрафных функций производится присвоение определенных весов целевой функции к функциям штрафа. Это позволяет получить максимальный оптимизирующий эффект за счет компромисса

между необходимостью удовлетворения ограничений и минимизацией исходного критерия. Методы штрафных функций делятся на два класса: параметрические и непараметрические. Параметрические методы характеризуются наличием одного или нескольких определенным образом выбранных параметров, которые входят в структуру штрафных функций в качестве весовых коэффициентов. В непараметрических методах целевая функция рассматривается как функция, задающая дополнительное искусственное ограничение.

Распространено использование метода множителей Лагранжа, как наиболее эффективного для оптимизации каскада из  $m$  реакторов идеального смешения. В качестве целевой функции берется функция состава реакционной смеси  $C_j$  и температуры  $T_j$  в аппаратах.

Кроме этого метода, для решения задач оптимизации, сформулированных как задачи нелинейного программирования с ограничениями типа равенств или неравенств, можно воспользоваться методом скользящего допуска, позволяющим оперировать как с допустимыми, так и с недопустимыми векторами в пространстве решения.

Алгоритм скользящего допуска позволяет улучшить значения функции как за счет информации, получаемой в допустимых точках пространства решений, так и за счет информации, получаемой при прохождении через точки вне допустимой области. Интервалы, в пределах которых лежат эти точки, в ходе оптимизационного процесса постепенно сокращаются (по мере приближения к решению задачи), так что в пределе учитываются только допустимые точки.

В задачах оптимизации при наличии ограничений линейной структуры может использоваться аппарат линейного программирования. В этом случае предполагается линеаризация ограничений, целевая же функция остается нелинейной на всех этапах минимизации. Методы, использующие линейную аппроксимацию, можно отнести к методам. Однако при решении задач оптимизации с нелинейными ограничениями возникает ряд существенных трудностей.

Метод восхождения в сочетании с методом множителей Лагранжа удобен для оптимизации каскада химических реакторов идеального смешения. Использование этих методов для рассматриваемого класса задач осложняется тем, что необходимо проделать большое количество операций (расчетов), прежде чем удастся определить оптимальные условия.

Синтез оптимальных управлений химическими реакторами возможен также с использованием аппарата " принципа максимума" Л. С. Понтрягина, позволяющего в ряде случаев выявить характер управляющих стратегий. Этот метод наиболее эффективен, когда оптимальные управления имеют разрывы, т.е. не являются кусочно-непрерывными. Постановка и решение таких задач выполнены М. Г. Слинько, Г. М. Островским, Ю. М. Волиным /1-4/.

Принцип максимума удобен для задач с ограничениями, включающими время как параметр и описанными дифференциальными уравнениями (динамическая оптимизация). Процедура использования этого метода для задач оптимизации многостадийных процессов, где переменные принимают лишь целочисленные значения, неоправданно усложняется.

Для оптимизации многостадийных процессов очень удобен метод динамического программирования.

На основании этого принципа процедура определения одновременно большого числа параметров заменяется рядом последовательных процедур выбора меньшего числа параметров, т.е. производится своеобразная декомпозиция задачи. Использование метода динамического программирования связано со следующими основными условиями:

- 1) оптимизируемый процесс должен быть многостадийным (дискретно распределенным во времени или пространстве);
- 2) отдельные стадии процесса должны обладать относительной независимостью, т.е. выход на каждой стадии должен зависеть от входа на эту стадию и управления на ней;
- 3) критерий оптимальности всего процесса должен быть сформулирован как аддитивная функция отдельных критериев каждой стадии.

Задача оптимизации промышленных объектов в большинстве случаев представляется задачей оптимального управления основными технологическими параметрами, например, изменением температуры. В этом случае задача оптимизации ставится следующим образом:

определить оптимальный температурный профиль для заданной производительности реактора и качества конечного продукта – полимера. Таким образом, задача оптимизации состоит в выборе

такого изменения температуры во времени, которая обеспечит получение продукта заданного качества при минимальном времени процесса /1/. Для процессов термоинициированной полимеризации стирола решение этой задачи сводится к построению на плоскости «температура – конверсия мономера» оптимальных траекторий ведения процесса, позволяющих определить области допустимых по требованиям к качеству полимера значений технологических параметров, т.е. оптимальный температурный режим. Параметрами, определяющими качество полимера, являются средневязкостная молекулярная масса  $M$  и частота прививки  $N$  полистирольных ветвей к молекуле каучука /1-4/.

Уравнение кинетики процесса:

$$\frac{dx}{dt} = \omega(x, T); \quad (1)$$

Скорость полимеризации в рабочей области изменения температур может быть описана, как было указано выше:

$$\omega(x, T) = \begin{cases} K(T)(1-x_1) & 0 \leq x \leq x_1 \\ K(T)(1-x) & x_1 \leq x \leq x_2 \\ K(T)(1-x)^2 / (1-x_2) & x_2 \leq x \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

При начальных условиях  $x(0)=0$  из уравнения (1) определяется время полимеризации до текущей конверсии:

$$\tau = \int_0^x \frac{dx}{\omega_0(x, T)} \quad (3)$$

Оптимальным температурным профилем в реакторе является такой температурный режим, который соответствует полимеризации до заданной конечной конверсии за минимальное время. Это достигается минимизацией интеграла (3):

$$I = \int_0^x \frac{dx}{\omega(x, T)} = \min. \quad (4)$$

Поскольку  $K(T)$  представляет собой монотонно возрастающую функцию, то задача в такой постановке является тривиальной, искомый температурный профиль будет соответствовать максимально возможной температуре. Поэтому для усложнения задачи необходимы ограничения на выходе по качеству полимера по средней молекулярной массе и частоте прививки при конечной конверсии  $x_k$ :

$$\begin{aligned} \bar{M} &= \frac{1}{x_k} \int_0^{x_k} M(x, T) dx \\ \bar{N} &= \frac{1}{x_k} \int_0^{x_k} N(x, T) dx \end{aligned} \quad (5)$$

$$\text{Здесь: } M(x, T) = \begin{cases} M_1(T) & (x \leq 0,2) \\ M_1(T) + 10^4(434 - T)(x - 0,1) & (x \geq 0,2) \end{cases} \quad (6)$$

$$N(x, T) = \begin{cases} N_1(T) & x \leq 0,2 \\ 0,1N_1(T) + 11,96 \cdot 10^7 \exp(-7196/T)(x - 0,1) & x \geq 0,2 \end{cases} \quad (7)$$

$$\left. \begin{aligned} M_1(T) &= 31,3 \cdot \exp(3500/T); \\ T_1(T) &= 1,88 \cdot 10^7 \exp(-6004/T). \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Ставится задача найти минимум функционала (3) при заданных значениях интегралов:

$$\begin{aligned} I_M &= G_M; \\ I_N &= G_N; \end{aligned} \quad (9)$$

где

$$\begin{aligned} I_M &= \int_0^{x_k} M(x, T) dx \\ I_N &= \int_0^{x_k} N(x, T) dx \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} G_M &= \bar{M} \cdot x_k; \\ G_N &= \bar{N} \cdot x_k. \end{aligned} \quad (11)$$

Это изопериметрическая задача вариационного исчисления и решается она с помощью множителей Лагранжа [3]. Вводится вспомогательная функция

$$H = L + \lambda_1 M + \lambda_2 N, \quad (12)$$

где  $\lambda_1$  и  $\lambda_2$  – множители Лагранжа, подлежащие определению. Функция  $H$  должна удовлетворять уравнению Эйлера:

$$\frac{\partial H}{\partial T} - \frac{d}{dx} \cdot \frac{\partial H}{\partial T'} = 0 \quad (13)$$

Поскольку функция  $H$  не зависит от  $T' = \frac{dT}{dx}$ , уравнение Эйлера запишется:

$$\frac{\partial H}{\partial T} = 0$$

Подставляя вместо  $H$  выражение (12), можно получить:

$$\frac{\partial L}{\partial T} + \lambda_1 \frac{\partial M}{\partial T} + \lambda_2 \frac{\partial N}{\partial T} = 0 \quad (14)$$

Уравнение Эйлера можно получить:

$$F(x, T, \lambda_1, \lambda_2) = 0 \quad (15)$$

$$F(x, T, \lambda_1, \lambda_2) = \omega(x, T) + \lambda_1 u(x, T) + \lambda_2 v(x, T) \quad (16)$$

$$u(x, T) = \begin{cases} p & x \leq 0,2 \\ p + q(x - 0,1) & x \geq 0,2 \end{cases} \quad (17)$$

$$v(x, T) = \begin{cases} rx & x \leq 0,2 \\ 0,1r + s(x - 0,1) & x \geq 0,2 \end{cases} \quad (18)$$

Оптимальный профиль температуры  $T_{\text{опт.}}(x)$  при заданных  $\lambda_1, \lambda_2$  определяется из системы двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} \varphi(\lambda_1, \lambda_2) = 0 \\ \psi(\lambda_1, \lambda_2) = 0 \end{cases} \quad (19)$$

где:

$$\begin{cases} \varphi(\lambda_1, \lambda_2) = I_M - G_M; \\ \psi(\lambda_1, \lambda_2) = I_N - G_N \end{cases} \quad (20)$$

Решение системы сводится к минимизации функционала:

$$\Phi(\lambda_1, \lambda_2) = \varphi^2(\lambda_1, \lambda_2) + \psi^2(\lambda_1, \lambda_2) \quad (21)$$

В качестве начальных условий определены значения  $\lambda_1^0, \lambda_2^0$  из уравнения (15), удовлетворяющие адиабатическому профилю температуры:

$$T_{\text{ад.}} = T_0 + \theta_{\text{ад.}} x, \quad (22)$$

где  $T_0$  – начальная температура,  $\theta_{\text{ад.}} = 316^\circ\text{C}$  – температура адиабатического разогрева.

На рисунке 1 представлен оптимальный температурный профиль для трех образцов ударопрочного полистирола.

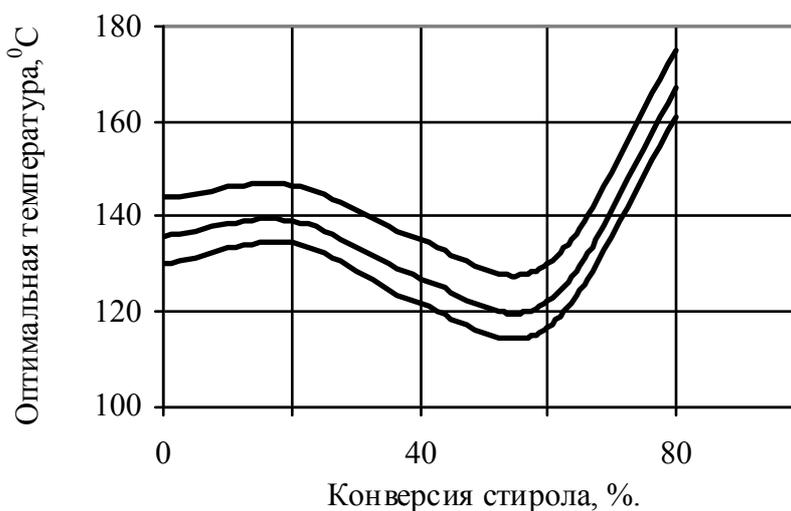


Рис. 1. Оптимальный температурный профиль

Представленный способ решения задачи оптимизации химического реактора относится к вариационному методу и удобен для оптимизации реакторов периодического действия, к которым

можно отнести реакторы полимеризации стирола с каучуком для получения ударопрочного полистирола.

Таким образом, задачи оптимизации промышленных процессов отличаются друг от друга постановкой, степенью сложности, и нельзя дать однозначный ответ на вопрос, какой математический метод оптимизации является лучшим. При выборе метода необходимо учитывать особенности рассматриваемой задачи, продумать какой выигрыш (или проигрыш) получается при использовании какого-либо из методов, рассматриваемых выше. Наилучший вариант – сочетание (насколько это возможно) различных методов для решения конкретной задачи. Например, при оптимизации многостадийного процесса воспользоваться методом динамического программирования, предполагающим решение задачи в несколько этапов, а на отдельных этапах оптимизационного поиска использовать вышеуказанные методы нелинейного программирования. Такой комплексный метод позволит обойти проблему, связанную с размерностью задачи, и сделает более эффективными методы нелинейного программирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Островский Г.М., Волин Ю.М.* Методы оптимизации химических реакторов. - М.: Химия, 1967. - 51с.
2. *Островский Г.М., Волин Ю.М., Слинко М.Г.* Применение принципа максимума для определения оптимальных режимов экзотермических реакций. //Кинетика и катализ. – 1963. - №5. - С.24.
3. Оптимальное проектирование химических реакторов. - М.: Издательство, 1963. - 36с.
4. *Островский Г.М., Волин Ю.М.* Методы оптимизации химических реакторов. - М.: Химия, 1967. – С.51.
5. *Оспанова А.* Расчет режимов работы химических реакторов полимеризации. //Труды университета (КарТГУ). Современные вопросы теории функций и функционального анализа. – Караганда, 2000. – С.147-150.
6. *Шатхан Ф.А., Гильман И. И.* Оптимальный температурный режим блочной полимеризации стирола.//Высокомолекулярные соединения. - 1966.- т.8, № 3.- 503с.
7. *Роднищев Н.Е.* Оптимизация управления нелинейных стохастических систем с ограничениями //Автоматика и телемеханика. Ш 2, 2001. с.87101.
8. *Оспанова А.О.* Оптимизация процессов полимеризации стирола в промышленных реакторах. //Научный журнал Министерства образования и науки «Поиск». – Алматы, №6, 2001. – С.208-212.
9. *Аттетков А.В., Галкин С.В., Зарубин В. С.* Методы оптимизации. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001.
10. *Оспанова А.О., Кошкинбаева М.Ж., Ермекбаева Г.Ы.* Разработка оптимальных режимных параметров процесса полимеризации. //Научный журнал МОН РК "Поиск". - 2009. №1. - С. 187-192.

Оспанова А.О., Бердиева М.

#### **Полимер өндірісін оптималды басқару.**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада полимер өндірісіндегі химиялық реактордың оптимизациялауға қойылған есептер сұрақтары қарастырылған. Сонымен бірге, химиялық реактордың өндіріс процесін басқарудағы оптималды есептеу жүргізудің әдістері көрсетілген. Процесті жүргізу әдісіне байланысты, үздіксіз немесе периодты әсер динамикалық прогаммалаудағы вариациялық есептеулерде жүргізілен болуы мүмкін. Лагранж көбейткіштері көмегімен вариациялық есептеулердің изопериметриялық есебін шешу әдісі қойылған. Химиялық реактордың өндірістік процесі әртүрлі полистирол үлгілерін алу үшін оптималды температура профилі есептелінген. Әдісті тандауда қарастырылып отырған есептің ерекшеліктерін еске алу керек, осы жоғарыдағы алынған әдістердің бірін алғанда қандай ұтыс немесе ұтылыс болады соны ескеру қажет. Дұрыс тандау әртүрлі әдістердің есепті шешуде дәл шешімін табатындарының бірігуі болып табылады.

Оспанова А.О., Бердиева М.

#### **Оптимальное управление промышленными объектами.**

**Резюме.** Рассмотрены вопросы постановки задач оптимизации химических реакторов производства полимеров при использовании различных методов оптимизации. Показаны методы решения задачи оптимального управления промышленными процессами в химических реакторах. В зависимости от способа ведения процесса, непрерывного или периодического действия могут быть использованы методы вариационного исчисления, динамического программирования. Представлен способ решения как изопериметрической задачи вариационного исчисления с помощью множителей Лагранжа. На примере промышленного процесса в химических реакторах рассчитан оптимальный температурный профиль для получения полистиролов различных образцов.

При выборе метода необходимо учитывать особенности рассматриваемой задачи, продумать какой выигрыш (или проигрыш) получается при использовании какого-либо одного из методов, рассматриваемых выше. Наилучший вариант – сочетание (насколько это возможно) различных методов для решения конкретной задачи.

Ospanova A., Berdiyeva M.

**Optimal management for industrial objects.**

**Summary.** The issues on setting the problems for optimization of chemical reactors of polymers production in using various methods of optimization have been considered. The solving problems methods of optimal control of industrial processes in chemical reactors have been given. Depending on the way of managing the process of continuous or batch action methods of calculus of variations, dynamic programming can be used. The way of solving the problem has been presented as the isoperimetric problem of calculus of variations with the help of Lagrange multipliers. Optimal temperature profile to obtain polystyrene of various samples has been calculated by the example of industrial process in chemical reactors.

While choosing the method it is necessary to take into account the peculiarities of the studied problem, to consider what gain (or loss) is obtained by using one of the methods discussed above. The best option is combination (as possible) of various methods to solve a particular problem.

**Key words:** chemical reactor, industrial process, optimization, figure of merit, binding, limiting control.

УДК: 621.396.93

**Д.И. Ерёмин , В.В. Торчик**

(ДТОО «Институт космической техники и технологий», г. Алматы, Республика Казахстан)

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ПОДВИЖНОЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ  
ИНМАРСАТ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ  
ОБЪЕКТОВ И ГРУЗОВ**

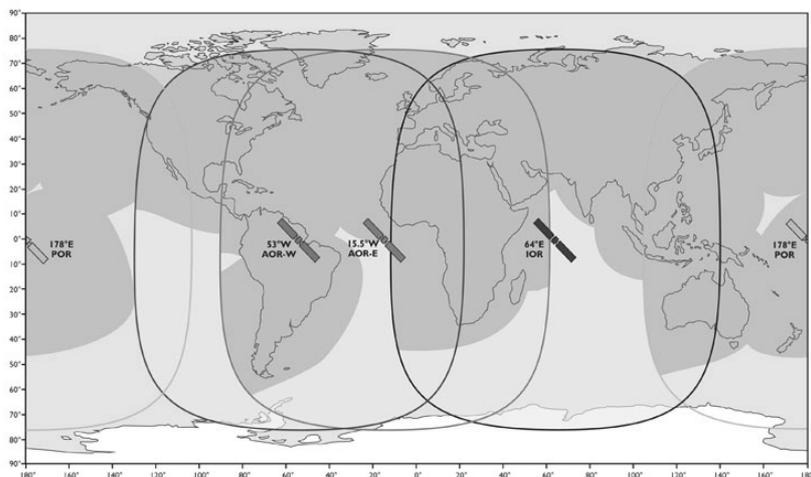
**Аннотация.** В наши дни успешно функционируют множество спутниковых систем связи, предоставляющих пользователям различные возможности: от голосовой подвижной связи, до подключения к виртуальным частным сетям и передачи данных посредством компьютера. Столь широкие возможности систем спутниковой связи позволяют применять их в различных целях, в том числе и для мониторинга объектов. Однако применимость конкретной спутниковой группировки обусловлена множеством факторов: обеспечиваемой скоростью передачи данных, зоной покрытия сигналом поверхности Земли, временем доставки сообщений и др. Приведены варианты использования ИНМАРСАТ в составе систем позиционирования. Рассматриваются различные стандарты спутниковой связи ИНМАРСАТ. Дано описание подходов к обеспечению автономности работы терминалов и реализации возможности использования комплекса мониторинга в удаленных местах. Результаты проведенного анализа показывают, что производители оборудования для работы с ИНМАРСАТ движутся в направлении разработки средств для организации мониторинга. Обосновано, что использование ИНМАРСАТ является целесообразным и одним из наиболее доступных решений для применения в системах мониторинга.

**Ключевые слова:** ИНМАРСАТ, спутниковая связь, передача данных, мониторинг, перевозка грузов, координаты.

Спутниковый мониторинг в настоящее время является одним из прогрессивно развивающихся направлений. Обычно, под спутниковым мониторингом понимается определение координат подвижного объекта с использованием сигналов навигационных спутниковых систем. При этом передача данных от объекта мониторинга к центру контроля производится необязательно с применением спутниковых технологий, чаще с использованием сети связи GSM. Использование же спутниковой передачи данных для отправки координат о местоположении объекта мониторинга делает возможным отслеживание контролируемого объекта в глобальном масштабе и является актуальным направлением развития систем мониторинга подвижных объектов.

Рассматривая спутниковую систему связи ИНМАРСАТ, нужно упомянуть о первоначальном предназначении данной спутниковой группировки – обеспечение связью морских судов. Под связью понимается не только голосовая связь, но и такие сервисы, как сигнал бедствия, посылаемый радиобуем при крушении корабля и включающий в себя точные координаты места. Орбитальные расположения геостационарных спутников – точки стояния – выбраны таким образом, что обеспечивают полное покрытие не только водной поверхности Земли, но и большей части суши, за исключением приполярных регионов. Развитие технологий передачи данных привело к разработке различных стандартов связи, предоставляемой спутниками ИНМАРСАТ, что позволило компании выйти на рынок услуг связи не только для морских судов, но и для пользователей на суше. Также особенностью

ИНМАРСАТ является специальная фокусировка антенн, позволяющая образовывать зональный луч, концентрирующий электромагнитную энергию на нужной площади поверхности Земли, что обеспечивает бесперебойную связь на территориях, где она наиболее востребована потребителями. Глобальные лучи зоны покрытия спутников ИНМАРСАТ показаны на рисунке 1.



**Рис. 1.** Глобальные лучи антенн спутников ИНМАРСАТ

Рассмотрим подробнее стандарты связи, предоставляемые группировкой ИНМАРСАТ [1].

Inmarsat-phone mini-M («Инмарсат мини-М»). Наиболее популярный стандарт, разработанный для работы по технологии зонального луча спутников ИНМАРСАТ -3. Введенный в эксплуатацию в конце 1999 года, данный стандарт обеспечивает работу в Глобальной сети (Global Area Network (GAN)), включая голосовую связь 4,8 кбит/с, факс и высокоскоростные данные (до 64 кбит/с), ISDN, IPDS (пакетная передача данных), доступ в Интернет, электронную почту, видеоконференцию.

Inmarsat R-BGAN. Обеспечивает интернет-доступ, доступ к корпоративным сетям Интранет и другим информационным ресурсам, обеспечивает стандартный набор услуг: электронная почта, веб-серфинг, передача файлов, доступ к виртуальным частным сетям.

Inmarsat-A. Самый первый и самый старый стандарт ИНМАРСАТ, введен в эксплуатацию в 1982 году. Предоставляет услуги телефонии, факсимильной и телексной связи в аналоговом режиме. Сейчас работают выпущенные терминалы, но новых уже не производится.

Inmarsat-B. Этот стандарт был введен в эксплуатацию в 1993 году и является заменой стандарту ИНМАРСАТ А, но работает в цифре. Предоставляет все те же услуги, что и ИНМАРСАТ-А, но по более низким тарифам в связи с рациональным использованием частотного ресурса.

Inmarsat-C. Стандарт двусторонней низкоскоростной передачи данных посредством легких переносных терминалов. Разработаны варианты для установки на судно, автомобиль или самолет. ИНМАРСАТ-С одобрен для использования в системе ГМССБ (Глобальная морская система связи при бедствии и для обеспечения безопасности мореплавания), а также удобен для сбора информации с удаленных объектов и управления грузоперевозками. Имеет встроенный GPS (система глобального определения местоположения).

Inmarsat-D/D+. Этот стандарт обеспечивает низкоскоростную передачу данных. Его преимущество в маленьком размере терминалов. Наиболее популярен как средство управления транспортными перевозками, передачи коротких сообщений водителю, дистанционного управления и автономного снятия информации. В этом случае, как правило, терминал ИНМАРСАТ D дополняется GPS-приемником.

Inmarsat-E. Этот стандарт – последний шанс терпящего бедствие, поскольку единственное, для чего он может использоваться – передача сигналов спасения посредством радиобуев. Радиобуй отправляет сигнал бедствия, с указанием координат. Покрывает практически всю акваторию мировых океанов и полностью соответствует требованиям ГМССБ.

Inmarsat-M. Существует с 1993 года, предшественник стандарта «Инмарсат мини-М» – первый в мире персональный портативный спутниковый телефон, обеспечивающий голосовую связь, переда-

чу факсимильных сообщений и данных. Терминал размером с чемоданчик типа «дипломат». Есть автомобильный и морской вариант с самонаводящейся антенной.

**Аеро-С.** Примерно то же самое, что ИНМАРСАТ D, только в приложении к авиации. Передача низкоскоростных данных и сообщений о местоположении воздушного судна. Помимо отчетов о местоположении, Аеро С используют для передачи на борт сообщений об изменении погоды и полетного задания. В свою очередь, экипаж имеет возможность сделать запрос на техническое обслуживание и дозаправку. Используется, как правило, самолетами, летающими в регионах с плохо развитой структурой диспетчерского контроля и связи.

**Аеро-Н.** Введен в эксплуатацию в 1990 году, предоставляет услуги голосовой, факсимильной связи и передачи данных на воздушных судах. Обеспечивает связь членов экипажа и пассажиров с любым абонентом. Также используется органами управления воздушным движением.

**Аеро-І.** Терминалы этого стандарта работают со спутниками третьего поколения, поэтому они могут применяться в малой и средней авиации. Стандарт обеспечивает голосовую, факсимильную связь и передачу данных. Использование технологии зонального луча спутников ИНМАРСАТ-3 позволило значительно уменьшить размеры, вес и стоимость оборудования.

**Аеро-L.** Авиационный стандарт, обеспечивающий обмен данными в реальном масштабе времени со скоростью 600 бит/с. Соответствует требованиям по безопасности ИКАО (Международная организация гражданской авиации) и органов управления воздушным движением.

**Аеро mini-M.** Разработан для небольших корпоративных самолетов, обеспечивает голосовую и факсимильную связь, а также передачу данных на скорости 2,4 кбит/с. Внешняя антенна подключается к терминалу. Наиболее часто используется в районах, находящихся вне досягаемости УКВ-связи.

Для использования спутниковой передачи данных в целях отслеживания перемещения объектов не требуется большая скорость передачи данных, так как координаты объекта и значения показаний датчиков контроля состояния объекта мониторинга не требуют большого количества информации, для своего представления – обычно это несколько десятков байт. Исходя из этого, можно считать, что для целей мониторинга наиболее подходит стандарт Inmarsat-D+. Рассмотрим оборудование для работы с данным стандартом связи.

Спутниковые модемы для работы с различными стандартами ИНМАРСАТ производятся различными компаниями. В настоящее время модемы для работы со стандартом Inmarsat-D+ выполняются в защищенном корпусе, в котором заключены и плата модема и антенна. На основании стандарта Inmarsat-D+ были разработаны дополнительные стандарты, адаптированные для целей мониторинга, как, например, IsatM2M. Для подбора подходящего оборудования был проведен анализ рынка ближнего зарубежья. Наиболее подходящие для целей мониторинга модемы определены в соответствии с их техническими характеристиками, приведенными на сайте одного из российских поставщиков оборудования для ИНМАРСАТ [2]. Ими оказались модем Honeywell SAT-202 (Рисунок 2-а) и Honeywell TAM-212 (Рисунок 2-б), соответственно.



**Рис. 2.** Модемы для работы с ИНМАРСАТ

Модемы данного типа позволяют подключать к ним несколько датчиков, а также оснащены последовательным портом RS-232. Это обеспечит возможность передачи любых данных посредством данных модемов. Данные модемы сконструированы с учетом воздействия сурового климата, что позволяет применять их в условиях Казахстана. Температурный диапазон работы модемов включает пределы от минус 35°С до 55°С. Класс защиты, обеспечиваемый корпусом модема, соответствует требованиям ГОСТ 14254 и имеет код IP66 – пыле- и влагозащищенный корпус.

Еще один аргумент в пользу ИНМАРСАТ в системах мониторинга объектов – малое время доставки сообщения, которое составляет, согласно спецификации устройства, менее одной минуты. Кроме того, данные модемы включают в себя приемник GPS-сигналов.

ИНМАРСАТ находит применение не только как самостоятельная система, но и как вспомогательная часть для обеспечения связью других систем. Так, например, ИНМАРСАТ применяется в системе EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay Services) для передачи данных о поправках глобальных навигационных систем ГЛОНАСС и NAVSTAR GPS [3]. Также ИНМАРСАТ рассматривают для применения в системах дальней идентификации судов, которая направлена на обеспечение безопасности мореплавания и противодействия пиратству [4].

Применительно к системам мониторинга критически важных объектов и грузов использование ИНМАРСАТ позволяет обеспечить необходимую зону покрытия, причем, тарификация передачи данных является одинаковой в любой точке Земли. Такому применению также способствует специфика отдельных стандартов ИНМАРСАТ. На рынке имеются различные решения для мониторинга, работающие в различных стандартах ИНМАРСАТ, а также использующие сеть GSM для передачи данных. Однако авторы предполагают использование модемов ИНМАРСАТ совместно с разрабатываемыми терминалами и датчиками для контроля множества параметров, таких как вибрация, температура, радиация и др. Кроме того, данные о перемещении критически важных грузов будут обрабатываться централизованно на сервере сбора и обработки данных, что повысит уровень конфиденциальности процесса перевозки и маршрута. В то же время такое решение позволит при наступлении критического события, угрожающего экологической установке, программное обеспечение передаст информацию о точном местоположении груза в соответствующие службы экстренного реагирования. При обеспечении системы мониторинга подсистемой автономного энергоснабжения станет возможным использование системы для контроля удаленных критически важных объектов, таких как нефте- и газопроводы, высокогорные озера, реки, станции климатического контроля и т.д. Наиболее вероятные варианты реализации подсистемы автономного энергоснабжения – с применением солнечной энергии и ветрогенератора. На рынке доступно множество моделей ветрогенераторов, солнечных панелей, контроллеров заряда, позволяющих развертывать гибридные автономные электростанции

Развитие космических технологий и применение их для решения прикладных задач на суше, на море и в небе является актуальным направлением деятельности производителей оборудования и пользователей, применяющих эти разработки для решения задач мониторинга.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Система спутниковой мобильной связи Инмарсат. Всеволод, Колоубакин., Санкт-Петербург: "Теле-спутник", №156, октябрь 2008 г., Теле-Спутник. -С.90. <http://www.telesputnik.ru/archive/156/article/90.html#top>.
2. EuroMobile – Технологии беспроводной связи. [В Интернете] 2013 г., <http://www.euromobile.ru/>.
3. Е.А. Мисник. Роль и значение системы ИНМАРСАТ в системе ЭГНОС. Журнал Университета водных коммуникаций. 2009 г., №4, стр. 157-159.
4. Вишнеvский Ю.Г., Мисник Е.А. Обеспечение системы дальней идентификации судов средствами спутниковой системы связи ИНМАРСАТ. Журнал Университета водных коммуникаций. 2009 г., №3. С. 147-149.

#### REFERENCES

1. Sistema mobil'noy svyazi Inmarsat. Vsevolod, Kolyubakin., Saint-Petersburg: "Telesputnik", №156, October 2008 y., Tele-Sputnik, p. 90. <http://www.telesputnik.ru/archive/156/article/90.html#top>.
2. EuroMobile – Tekhnologii besprovodnoy svyazi. [In Internet] 2013 y., <http://www.euromobile.ru/>.
3. E.A., Misnik. Rol' i znachenie sistemy Inmarsat v sisteme EGNOS. Zhurnal Universiteta vodnyh kommunikatsiy. 2009 y., №4, p. 157-159.
4. Vishnevskiy Y.G., Misnik E.A. Obespechenie sistemy dal'ney identifikatsii sudov sredstvami sputnikovoy sistemy svyazi Inmarsat. Zhurnal Universiteta vodnyh kommunikatsiy. 2009 y., №3, p. 147-149.

Ерёмин Д.И., Торчик В.В.

**Аса қиын маңызды нысандар мен жүктер мониторинг жүйесіне арналған ИНМАРСАТ геостационарлық жылжымалы спутниктік байланысты пайдалану.**

**Түйіндеме.** Мақалада ИНМАРСАТ спутниктік байланыс стандарттарына шолу және аталған спутниктік байланыс жүйесін мониторинг жүйесінде қолдануға талдау жүргізу келтірілген. Қазақстандық жағдайда жабдықты қолдану мүмкіндігіне үлкен ықпал келтіретін қабықшамен қамтамасыз етілген қорғаныш классы,

жұмыс температурасының диапазоны сияқты ИНМАРСАТ ғарыштық байланыс желісімен жұмыс істеу үшін модемдердің сипаттамалары қарастырылды. Мониторинг жүйесін ұйымдастыру үшін жабдықтың қолда бар кешендері оқып зерттелді. Жүргізілген талдау жұмыстарының нәтижесінде ИНМАРСАТ спутниктік байланыс жүйесін қолдану арқылы аса қиын маңызды нысандар мен жүктердің мониторинг жүйесін ұйымдастыру, оны жүзеге асыру мүмкін және техникалық жағынан ыңғайлы болып табылатыны анықталды.

**Түйінді сөздер:** ИНМАРСАТ, спутниктік байланыс, деректерді тасымалдау, мониторинг, жүктерді тасымалдау, координаттар.

Ерёмин Д.И., Торчик В.В.

**Использование геостационарной подвижной спутниковой связи ИНМАРСАТ для систем мониторинга критически важных объектов и грузов.**

**Резюме.** В статье приводится обзор стандартов спутниковой связи ИНМАРСАТ и анализ применимости данной спутниковой системы связи в системах мониторинга. Рассмотрены характеристики модемов для работы с сетью космической связи ИНМАРСАТ, такие как диапазон рабочих температур, класс защиты, обеспечиваемой оболочкой, что оказывает большое влияние на возможность применения оборудования в условиях Казахстана. Изучены существующие комплексы оборудования для организации систем мониторинга. В результате проведенного анализа установлено, что организация систем мониторинга критически важных объектов и грузов с применением системы спутниковой связи ИНМАРСАТ является возможной и технически удобной к реализации.

**Ключевые слова:** ИНМАРСАТ, спутниковая связь, передача данных, мониторинг, перевозка грузов, координаты.

Yeryomin D.I., Torchik V.V.

**Using of geostationary mobile satellite communications INMARSAT for monitoring of critical facilities and supplies.**

**Summary.** This article provides an overview of the standards Inmarsat and analysis of the applicability of the satellite communication system in monitoring systems. The characteristics of modems for the network INMARSAT satellite communications, such as operating temperature, degree of protection afforded by the shell, which has a great impact on the possibility of using the equipment in Kazakhstan. Studied existing systems equipment for the monitoring systems. The analysis found that the organization of the monitoring of critical facilities and cargo using the Inmarsat satellite system is technically feasible and easy to implement.

**Key words:** Inmarsat satellite communication, data transmission, monitoring, cargo, location.

УДК 614.8.01+004.4

**В.С. Шевцова, С.Т. Калдыбаева, Д.М. Ақубаева**

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

## **ИНФОРМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Образование, выступая одним из приоритетов стратегической программы «Казахстан-2030», характеризуется следующими основными тенденциями: становление национальной модели образования; интеграция системы образования Казахстана в мировое образовательное пространство.

В современном мире перехода от индустриальной к информационной цивилизации системообразующим фактором развития общества является информационно-коммуникационная сфера, которая активно влияет на политическую, экономическую, социальную составляющие деятельности государств, определяет процессы глобализации экономики и общественных отношений.

На настоящем этапе назрела необходимость информатизации системы образования в целом.

Информатизация системы образования открывает большие перспективы для казахстанского образования. За последние годы произошло коренное изменение роли и места компьютерной, телекоммуникационной техники и технологий в жизни общества. Владение информационными и телекоммуникационными технологиями становится в современном мире в один ряд с такими качествами, как умение читать и писать, и необходимым условием для каждого индивида. Полученные знания и навыки в дальнейшем могут во многом определять пути развития общества.

Внедрение информатизации можно рассматривать как одно из важнейших средств реформирования всей системы образования.

## • Технические науки

Поэтому информатизация системы образования КазНТУ имени К.И.Сатпаева, как одного из ведущих вузов Республики Казахстан, является актуальной. Студентами специальности «Безопасность жизнедеятельности и защиты окружающей среды» был разработан и предложен интерактивный курс дисциплины «Аварийно-спасательное дело» по следующим практическим занятиям: «Определение характера и структуры завалов, разрушения зданий и сооружений при землетрясении», «Оперативный расчет сил и средств при проведении спасательных и других неотложных работ после землетрясения» и «Специальные работы по локализации аварий на коммунально-энергетических сетях».

Первая программа предназначена для расчета завалов и количества персонала, привлекаемого к ликвидации последствий данного завала (рисунки 1-3). Вторая носит обучающий характер, в ней наглядно (с помощью мультипликации) показан метод электрической дефектоскопии участка трубопровода (рисунки 4-6).

Итак, интерфейс первой программы предельно прост, при запуске выходит окно, в которое нужно ввести имя пользователя и пароль.

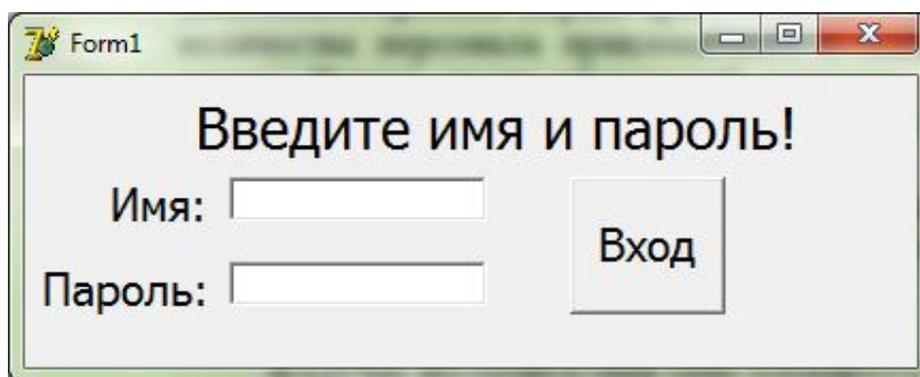


Рис. 1. Окно ввода имени и пароля

В случае несоответствия окно блокируется, и дальнейшие действия становятся невозможны:

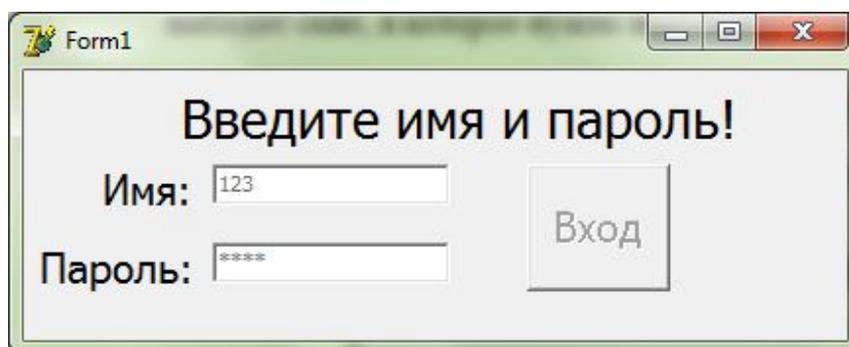


Рис. 2. Блокированное окно ввода имени и пароля

После входа в программу открывается основное окно с двадцатью девятью строками, но для редактирования доступны только первые шесть (два левых верхних столбца). В них вводятся площадь и высота цехов предприятия. После заполнения нужно нажать кнопку **пуск**, и программа самостоятельно подсчитает и выдаст строительный объем, объем завалов, ожидаемый объем завалов, высоту завалов и количество необходимого персонала:

Form2

Введите площадь и высоту:

	Площадь	Высота	Строительный объем:	V завалов осн.сехов	Ожидаемый Vзавалов
Термического и автоматного цехов:	1236	15	18540	2781	556,2
Инструментального и сборочно механического цехов:	2589	126	326214	48932,1	9786,42
механического и ремонтно-механического цехов:	1254	158	198132	29719,8	5943,96
		Общий:	542886	81432,9	16286,58

Высота завалов

2,5	Нож	109	Нпоз	131
21	Нпост в зав	1629		
26,3333333333	Нразв	65		

Пуск

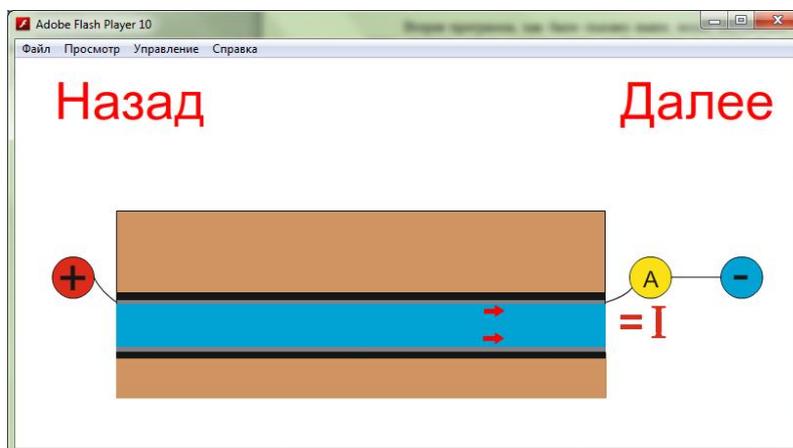
**Рис. 3.** Основное окно

Вторая программа, как было сказано выше, носит обучающий характер. При запуске видна цветная схема расположения трубопровода в земле. От плюса к минусу, через трубопровод и амперметр движется ток. В правом верхнем углу находятся кнопки, с помощью которых происходит управление программой:



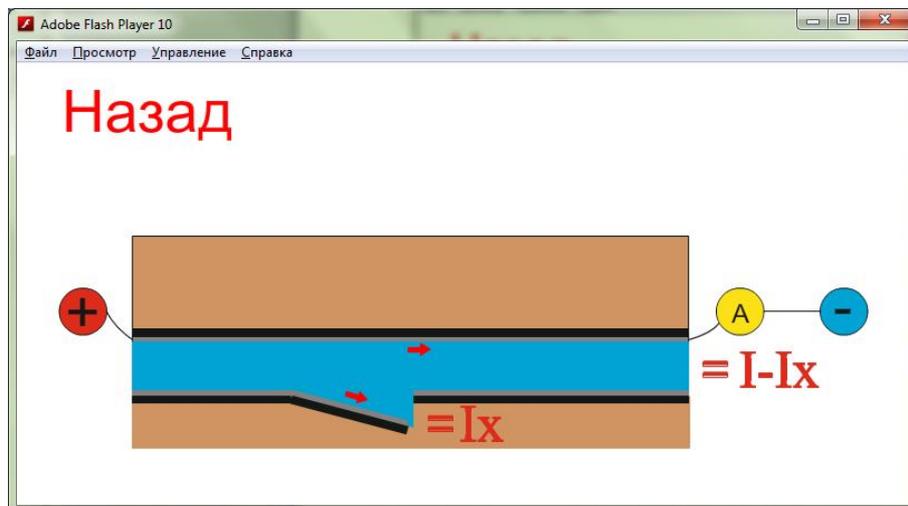
**Рис. 4.** Окно №1, схема залегания участка трубопровода

При нажатии на кнопку далее откроется следующее окно, на котором будет видно движение электрического тока по участку трубопровода в случае, если трубопровод не имеет дефектов:



**Рис. 5.** Окно №2, схема движения тока по целому участку

При переходе в следующее окно мы увидим мультипликацию разлома, и то, как будет двигаться ток по участку трубы в данном случае:



**Рис. 6.** Схема движения тока по участку трубопровода, с дефектом

Кнопка назад во всех случаях служит для возврата в предыдущее окно.

Двадцать первый век принято называть веком информационных технологий. Всеобщая информатизация и компьютеризация идет по всему миру и касается практически всех отраслей науки. Если еще недавно для подсчета сложных математических задач требовались часы упорного труда, то сейчас всю работу в считанные секунды проделывает компьютер.

В связи с этим и у нашей отрасли науки возникла острая потребность во внедрении новых технологий. А именно создания специализированного программного обеспечения, которое можно было бы использовать как для расчета сложных задач, так и для обучения молодых специалистов.

В нынешний век высоких технологий потребность в таких программах очень высока. Такие небольшие программы могли бы стать толчком к созданию более серьезного программного обеспечения для систем Безопасности Жизнедеятельности.

Шевцова В.С., Калдыбаева С.Т., Акубаева Д.М.

#### **Тіршілік қауіпсіздігінің ақпараттау жүйесі.**

**Түйіндеме.** Тіршілік қауіпсіздігі бойынша ақпараттық оқыту жүйесі, жалпы бүкіл әлемнің және компьютерленудің өзекті мәселесі болып отыр. Мақалада тіршілік қауіпсіздігі бойынша интерактивті бағдарламасымен оқыту қарастырылған. Олар студенттерге біріншіден, тәжірибелік жұмыстардың есептік бөлігін жеңілдетеді, екіншіден осы есептеулерді көрнекі ретінде көрсетуге мүмкіндік беретіндігі баяндалған.

Шевцова В.С., Калдыбаева С.Т., Акубаева Д.М.

#### **Информатизация систем безопасности жизнедеятельности.**

**Резюме.** Информатизация систем обучения по безопасности жизнедеятельности является одной из актуальных тем в век всеобщей глобализации и компьютеризации. В статье рассматриваются обучающие интерактивные программы по безопасности жизнедеятельности. Они помогут студентам, во-первых, упростить расчетные части практических работ, а во-вторых, наглядно продемонстрировать необходимость в этих расчетах.

Shevtsova V., Kaldybayeva S., Akubayeva D.

#### **Informatization of systems for life safety.**

**Summary.** Informatization of educational systems for life safety is one of the hot topics in the age of globalization and computerization. The article deals with interactive training program on safety. They will help students, first, to simplify the calculation of the practical work, and secondly, to demonstrate the need for these calculations.

УДК 665.6:622.621.64

**Ye.B. Myrzakhmetov, T.Talapbayev, D.D. Rakhmankulov,  
B.A. Myrzakhmetov, D.N. Akbayeva**  
(K.I. Satpayev Kazakh national technical university,  
Al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan)

## **EN ROUTE MECHANICAL ACTIVATION OF VISCOUS OIL AND OIL PRODUCTS PROCEEDING OF RAILROAD TANK CARS**

### **Introduction**

The crude oil of high viscosity is seriously complicates its transportation. A number of papers by various authors consider the reasons for this and how to solve it [1-3]. With poorly developed pipeline transporting systems in some of the regions of Kazakhstan the share of rail shipment of oil and its products remains quite significant. The other factors supporting the use of railway transportations are relatively advanced railway network, low density of population and long distances that products have to travel from manufacturers to consumers. The situation has improved recently with the start of rapid development of oil pipeline systems, but the problem is yet to be resolved.

Under the aforesaid circumstances one has to improve the marketability and enhance the competitive power of railway services through carrier costs reduction that among other things such as direct transportation costs also include expenses on preliminary heating of viscous oils to ensure swift unloading of railroad tanks at their discharge terminals. This is especially important in winter time when preliminary heating requires more energy and time to empty the tanks hence the costs and terminal time increases. This negatively affects on route turnover rates and causes shortage of cars.

The problems arising during transportation of highly waxy oil are mainly related to formation of solid crystals of paraffin at low temperatures. They completely dissolve in oil and oil products with the increase of temperature to a sufficient level. But sometimes the temperature level drops low enough to allow wax crystals form a space lattice across the system thus immobilizing the fluid phase [4]. The higher the paraffin content and asphalt pitch the harder are the space lattice is. This increases the oil viscosity, oil chilling temperature and gel strength.

Thus, oils from Mangyshlak oil fields that have wax concentration up to 25% as well as asphalt pitch up to 17% or greater are qualified as high pour-point oil type and when subjected to high temperatures (close to 313 K) display thixotropic behavior of viscous plastic fluids. That is why before filling the tanks with this type of oil and prior to unloading the oil has to be preheated to reach temperature level of 340-350 K. All efforts to resolve the problem up to present time were limited to devising various stationary preheating systems at product destination points. However, the energy efficiency of existing heating methods applied nowadays is quite low. For instance, heating railcars with superheated vapor requires up to 5000 kg of vapor per each tank containing fuel oil [4].

Depending on viscous oil freight turnover (only in Kazakhstan this value exceeds two million tons per year) the overall volume of heat energy used for heating purposes may be colossal. To produce that much of energy it is necessary to burn the huge amounts of valuable hydrocarbons, followed by evolution of a toxic compounds. Even partial reduction of these costs will have appreciably positive impact on productivity and environment.

The authors of this article made an attempt to substantiate the viscous oil railway transportation method that employs the kinetic conversion of railway car brake action energy to ensure rheological properties of oil, such as viscosity and fluidness for maintaining their at appropriate level.

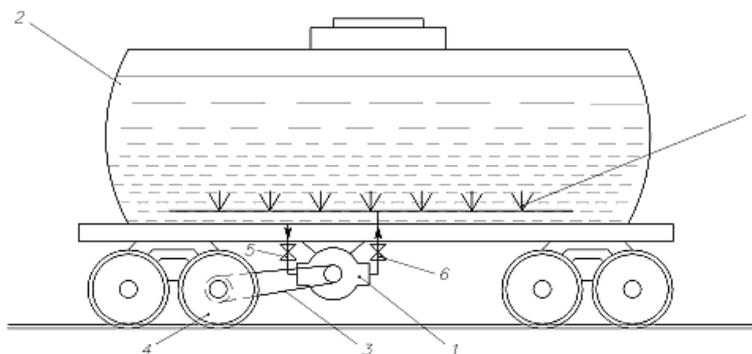
It is a known fact that trains on the way to their destination stations have to use their brake systems quite often to keep up with the schedule and for intermediate stops. During that a huge amount of kinetic energy generated by moving train is uselessly wasted due to friction in clasp blocks. This not only results in wear of clasp blocks made from highly expensive composite materials, but also contributes to intensive wear in wheel treads.

One of the well-known devices engineered for direct conversion of mechanical power to heat and hydromechanical energy, that has high energy conversion efficiency, is the hydrodynamic brake [5, 6].

To realize this method the steam-heating tank cars are required to have undercar hydrodynamic brakes that will act as a cavitational heat generator (figures 1, 2) [7, 8]. The system is powered up through main train line pipe by air clutch installed on wheel pair shaft 4 and is designed to activate during service brake application at downward slopes and intermediate station stops. During this the kinetic energy of the train is simultaneously converted into heat and hydromechanical energy in hydrodynamic brake 1 which are then used for heating and breaking down of structure of transported product thus increasing the time for recovery of its thixotropic properties.

It has been found out that up to 95% of hydrodynamic brake stopping power is converted into heat energy. In view of the fact that discharge of hydraulic fluid from brake system is carried out under excessive pressure through low pressure jet pump installed in transportation tank (and acting as mixing device 7), the discharge process leads to additional rapid mixing of heated oil products and increases the convective heat transfer.

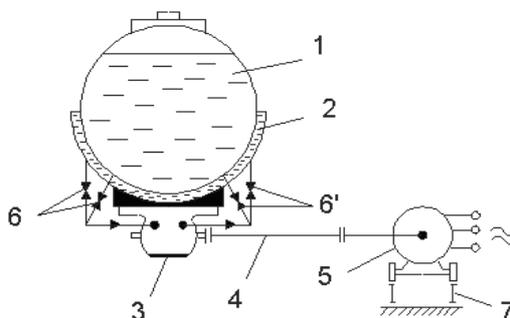
It is known that control of hydrodynamic brake capacity (i.e. working amount of energy converted into heat) can be implemented by changing the fluid level in its working cavity through fluid supply or fluid discharge.



**Figure 1.** Undercar hydrodynamic brakes layout drawing:  
 1 – undercar hydrodynamic brake (cavitational heat generator); 2 – tank; 3 – V-belt drive;  
 4 – wheel pair; 5, 6 – thermally controlled slide-valves; 7 – mixing devices

Thermally controlled slide-valves 5, 6 automatically adjust the hydrodynamic brakes for optimum performance to sustain the required temperature level of transported oil products.

Besides, the operational capability of the standard brake system is never disabled. Simultaneous application of both systems may help significantly reduce the stopping distance and improve the maneuverability of the train.



**Figure 2.** Viscous oil and oil products transportation tank layout drawing:  
 1 – oil product (oil); 2 – low-freezing liquid in steam jacket; 3 – hydraulic brake; 4 – driveline (Cardan joint);  
 5 – external drive (electric motor); 6 – thermally controlled valves; 7 – track for external drive at discharge terminals

The technology for en-route preservation of rheological properties of viscous oil products transported in rail car tanks will help significantly reduce (and in some cases completely exclude) energy expenditures on preheating process that has to be applied prior to unloading of tanks at discharge terminals.

Hydrodynamic brake system has the following advantages:

- small size and high efficiency rates of conversion of mechanical energy into heat (up to 95%);
- easy control and performance adjustment;
- adaptability for stationary use at tank receiving racks prior to product discharge;
- hydrodynamic impact on oils moving through impeller combined with cavitation and thermal effect that should significantly increase the amount of time needed for thixotropic recovery;
- high pressure jet of hot oil at hydrodynamic brake discharge end hitting the fluids in tank causes intensive bubbling of fluids which in turn forces the intensity of convective heat transfer to increase;
- maintainability, high reliability, fire and explosion safety.

Nevertheless, there is still a high chance of system failure in case transported fluids lose their flow state. That is the reason why the en-route system disconnection intervals should not exceed the time required for thixotropic properties of transported fluids to recover. In case of high risk of transported fluids losing their fluidness the tank cars with steam jackets are required to have this system installed. The steam jacket can be filled with low-freezing liquid which will act as hydraulic fluid in hydrodynamic brake system when it's connected. The brake spindle can be connected to external power source (electric motor) for heating of fluid stored in tanks in stationary conditions upon arrival of tank cars to the discharge terminal receiving platform. This heating method will result in penetration of heat into tank walls reducing the viscosity of oil layers adjacent to the walls and causing the layers to slip down into the drain valve or oil-handling facility.

If heating of transported fluids has to be avoided whenever possible or for some reason is undesirable at all (for instance to avoid losses in low boiling fractions) the hydrodynamic brake can be replaced with mechanical activation system as a high speed stirring device designed to break down the wax crystals turning them into highly dispersed structure.

To confirm the validity of these statements we have done a series of laboratory tests, which the preliminary results are presented below.

### **Equipment and test procedure**

The experimental installation included radially finned disk type hydrodynamic brake system **1** (figure 3) driven by DC electric motor **2** for rpm control monitored through type TE-10 electronic tachometer to an accuracy up to  $1 \text{ min}^{-1}$ . The number of radial fins in impeller design was based on the peak value of dissipative heating on water. The liquid supply and discharge pipelines were thermally insulated.

The flow rate of working fluid (oil product) was measured with tachometer **3**. The impeller inlet and outlet fluid temperature as well as temperature level in pressure tank were measured with chromel-copel thermocouples  $t_1$ ,  $t_2$  and  $t_3$  followed by measurement data registration in 6-channel combined recorder (accuracy rating 0,5; scale range 0-150 °C).

The impeller inlet and outlet pressure level was measured with pressure gages **4** and **5** having instrument range of -1 to 1 and 0 to 5 bar accordingly with upper range value accuracy of 1,5 %.

In order to control the heat loss process (simulation of the low temperature in winter time) tank **6** was enclosed in thermally insulated shroud furnished with built-in tube coil **7** to facilitate circulation of cooling fluid fed from low temperature liquid thermostat **8**.

The rheological properties of tested fluids were measured and rated for viscosity, setting points and thixotropic properties recovery time. The selection of the abovementioned parameters for analysis was justified by the fact that these parameters were found to be essential for determination of performance characteristics and operational capabilities of the suggested transportation system since viscosity defines the flow behavior of fluids as well as tank discharge time. The recovery time of thixotropic properties indicates how much slack time it is necessary for reactivating the system whereas the setting point helps assess the likelihood of system failure.

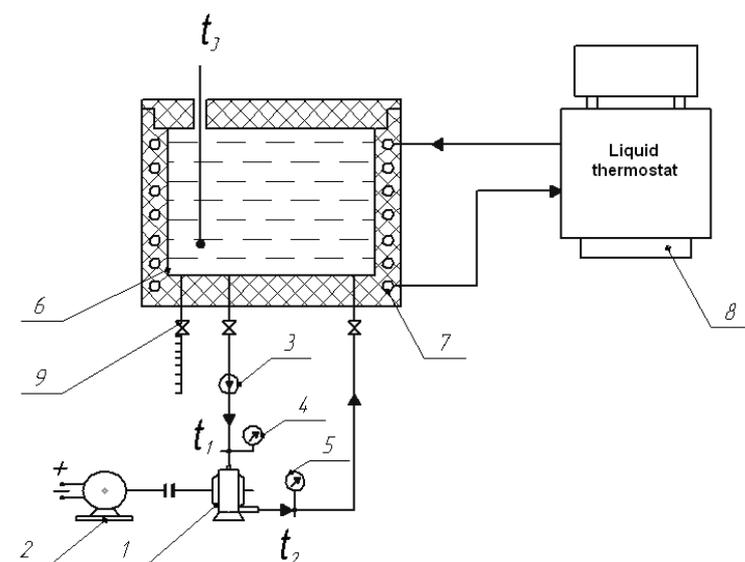
The viscosity and fluidness were estimated indirectly based on measured effusion time required to completely drain the tank from fluids through the metering hole **9**. Dripping from free end of tube was recognized as indication of discharge completion.

Samples of fluids for following observation and analysis were taken from tank 6 during work. The samples were put into three separate sample flasks for averaging of results. Incompleteness of discharge volume was evaluated through weighing of vessel 6 after completion of drain process indicated by dripping.

Viscous oil heating temperature was limited to 355 K in order to avoid the loss of light fractions.

In order to find out the influence of hydrodynamic action on fluid structure, the micrographic photos of oil structure depending on operating conditions were received.

At the first stage the laboratory studies were performed with the aim to estimate the influence of the hydrodynamic actions on rheological properties of viscous oils from Mangyshlak oil deposits characterized by setting point of 300 K, paraffin content 16%, water ratio 0,25% and salinity level at 321mg/l.



**Figure 3.** Experimental installation drawing:

1 – radially finned disk type hydrodynamic brake system; 2 – DC electric motor; 3 – tachometer; 4, 5 – pressure gages; 6 – tank; 7 – tube coil; 8 – thermostat; 9 – metering hole.

### Results and discussion

Table given below contains the preliminary results and test data demonstrating the hydrodynamic affect on viscous oils and oil products on their rheological properties such as viscosity, fluidness and thixotropic characteristics.

So, the mechanical activation of oil allows to reduce oil viscosity by almost three times and the pour point by 9 °C while increasing the time required for the thixotropic properties to recover by more than 10 times with the temperature level being in all cases equal.

**Table. Experimental study results**

Crude	Dynamic viscosity, $\nu$ N·c/m <sup>2</sup>		Time of thixotropic recovery, h		Pour point, K	
	Before me- chanical treatment	After treatment	Before me- chanical treatment	After treatment	Before me- chanical treatment	After treatment
Mangyshlak oil with pour point at 300K	2,2	0,72	16	165	313	304

The dependence of temperature change rate of oil in vessel on time is given on figure 4, indirectly describing the thermal capacity of dissipative heating. There are three segments on temperature curve. The first segment (a) is rather close to plateau in shape due to uneven penetration of heat into the fluid. The second segment (b) reflects uniform heating, whereas the third segment (c) shows that heat penetration into the fluid slows down because of heat dissipation into the ambient environment.

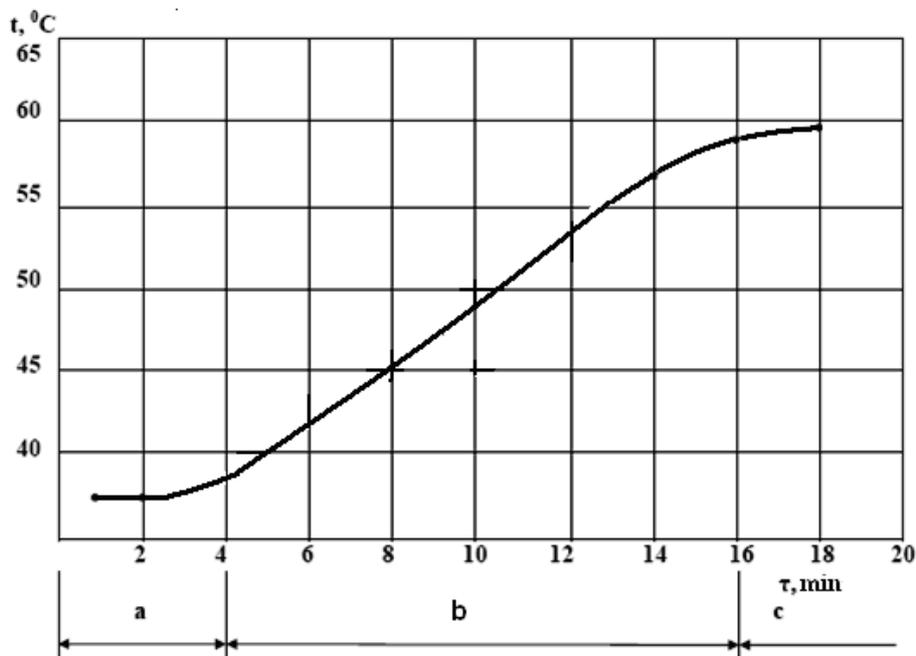


Figure 4. Dependence of temperature change of oil in vessel on time

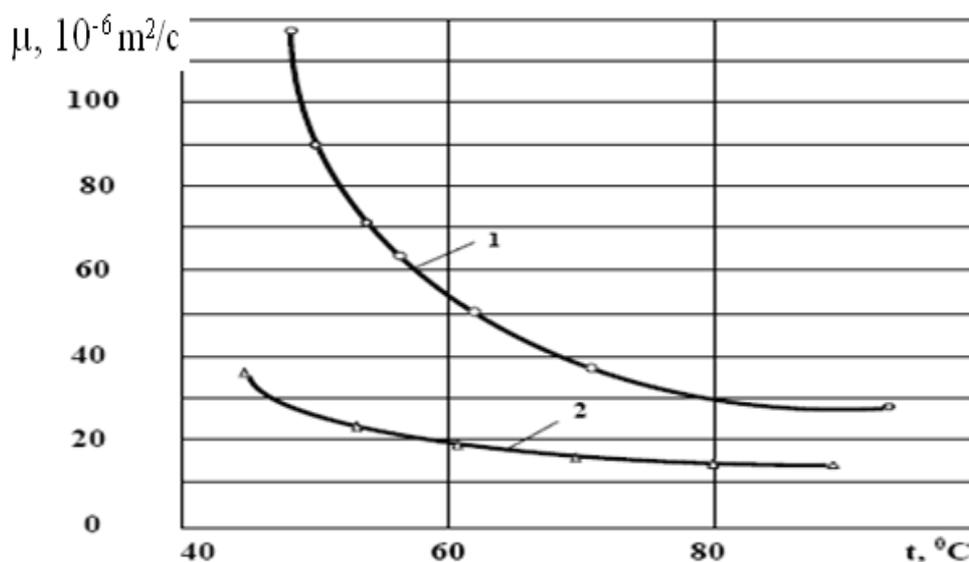


Figure 5. Viscosity-temperature characteristic curves of oil:  
 1 - before mechanical treatment; 2 - after mechanical activation by hydrodynamic brake system

Viscosity-temperature (kinematic viscosity  $\mu$  vs. temperature) characteristic curves of viscous oil before and after mechanical activation in disk impeller are shown on figure 5. This picture shows that the expo-

sure of viscous oil to intensive hydro mechanical action in isothermal conditions will cause the substantial decreasing of oil viscosity and at the same time increasing its fluidity.

The analysis of microfilm images of oil structure revealed that the wax crystals in samples of non-treated mechanically oil develop the forms and groups in clusters (or druses) up to 0,22 mm in size, that correlates well with data in [9]. The observations confirmed that even one application of mechanical activation (single pass through mechanical activation system) was enough to turn wax crystals formations into highly dispersed structure (less than 0,0012 mm in size).

### **Conclusion**

Thus, the obtained preliminary results of experimental studies are acceptable to confirm that the combined effect of hydrodynamic impact and conversion of cavitations into heat will not only substantially reduce the viscosity of oil and increase its fluidity, but also increase the time of recovery of thixotropic properties as compared to oil behavior in natural cooling after heating.

Practical implementation of the abovementioned engineering concept can be accomplished at the carriage repair plant or rail car production facilities. Actual operational application of this technology may require employment of detailed charts or schedules specifying the usage modes for various routes and profiles of railroad line sections that will help the locomotive crew to operate this technology in appropriate manner.

### **Acknowledgements**

The authors are grateful to the head of chair «Mining machinery and transport technological complexes» of G.I.Nosov Magnitogorsk state technical university Prof. A.D. Kol'ge for the help in performing of laboratory tests and fruitful discussion of the results.

### **REFERENCES**

1. Langevin D., Poteau S., Hénaut I., Argillier J.F. Crude Oil Emulsion Properties and their Application to Heavy Oil Transportation. *Oil & Gas Science and Technology. Rev. IFP.* – 2004. – Vol. 59, № 5. – pp. 511-521.
2. Saniere A., Hénaut I., Argillier J.F.: Pipeline Transportation of Heavy Oils, a Strategic, Economic and Technological Challenge. *Oil & Gas Science and Technology. Rev. IFP.* – 2004. – Vol. 59, № 5. – pp. 455-466.
3. Martínez-Palou R., de Lourdes Mosqueira M., Zapata-Rendón B., etc. Transportation of heavy and extra-heavy crude oil by pipeline: A review // *Journal of Petroleum Science and Engineering* 75. – 2011. – pp. 274-282.
4. Kovalenko V.P., Turgashinov V.E. Providing a temperature mode of oil products at their transport and storage. – M: Niiteneftekhim, 1989. – 235 p.
5. Britvin L.N. Britvina T.V. Cavitation heatgenerator. [http://www.ntpo.com/patents\\_heat/heat\\_1/heat\\_64.shtml](http://www.ntpo.com/patents_heat/heat_1/heat_64.shtml)
6. Promtov M.A., Akulin V.V. Mechanisms of heat generating in the rotor pulse device. <http://dewa.ru/wp-content/heating-methods-in-ria.pdf>
7. Patent of the Republic of Kazakhstan № 21455. Way of transportation of viscous oil and oil products railway tanks / Myrzakhmetov E.B. Batyrbayev A.T. Rodivilov S.M. – publ. in bulletin № 7 from 15.07.2009. – 4 p.
8. Patent of the Republic of Kazakhstan № 72105. Transportation way of viscous oil and oil products by railway tanks and the device for its implementation / Myrzakhmetov E.B. Krupnik L.A. Myrzakhmetov B. A. – publ. in bulletin № 12 from 20.12.2011. – 4 p.
9. Nadirov N.K., Tugunov P.I. Brot R.A. Urazgaliyev B.U. Pipeline transport of viscous oils. Series: New oil of Kazakhstan and their use. - Alma-Ata: Science, 1985. – 135 p.
10. [http://www.ntpo.com/patents\\_heat/heat\\_1/heat\\_64.shtml](http://www.ntpo.com/patents_heat/heat_1/heat_64.shtml)
11. <http://dewa.ru/wp-content/heating-methods-in-ria.pdf>

Мырзахметов Е.Б., Тоқтамысова С.М., Рахманқұлов Д.Д., Мырзахметов Б.А., Ақбаева Д.Н.

**Тұтқырлығы жоғары мұнайлар мен мұнай өнімдерін теміржол составының жүріс жолында механикалық тұрғыда активтендіруі.**

**Түйіндемe.** Мақалада авторлар тұтқырлығы жоғары мұнай мен мұнай өнімдерін теміржол цистерналары арқылы тасымалдау әдісін кинетикалық энергияның тежеуішін қолданып составтың жүріс жолында механикалық түрде активтенуін дәлелдейді. Бұл идеяның жүзеге асуға қабілеттілігін растайтын алдын ала лабораториялық зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Сынаудан өтетін сұйықтықтың реологиялық қасиеттері - тұтқырлығы, кату температурасы, тиксотроптық қасиеттердің қалпына келу уақыты бойынша бағаланды. Эксперименталдық нәтижелердің алдын ала нәтижелері мыналарды дәлелдеді: жоғары тұтқырлы мұнайға

қиыстырылған түрде (кавитациялық құбылыстардың жылыған жағдайда гидродинамикалық түрде түрлендірілуі) әсер еткенде оның тұтқырлығы азайып, аққыштығы көбейеді және қызғаннан кейін суыған кезде тиксотроптық түрде қалпына келу уақыты әлдеқайда ұзарады.

**Түйінді сөздер:** теміржол цистернасы, гидродинамикалық тежеуіш, тұтқырлығы жоғары мұнай, мұнайөнімдері, реология.

Мырзахметов Е.Б., Токтамысова С.М., Рахманкулов Д.Д., Мырзахметов Б.А., Акбаева Д.Н.

**Механоактивация вязких нефтей и нефтепродуктов в пути следования железнодорожного состава.**

**Резюме.** В статье авторами обосновывается способ транспортировки вязкой нефти и нефтепродуктов железнодорожными цистернами с механоактивацией в пути следования состава путем использования кинетической энергии торможения. Приведены предварительные результаты лабораторных исследований, подтверждающие работоспособность идеи. Предварительные результаты экспериментальных исследований подтвердили, что комбинированное (гидродинамическое с преобразованием кавитационных явлений в тепловое) воздействие на вязкую нефть существенно снижает вязкость и повышает ее текучесть, а также значительно увеличивает время тиксотропного восстановления по сравнению с охлаждением после нагрева.

**Ключевые слова:** железнодорожная цистерна, гидродинамический тормоз, вязкая нефть, вязкие нефтепродукты, реология

Myrzakhmetov Ye.B., Tohtamysova S.M., Rakhmankulov D.D., Myrzakhmetov B.A., Akbayeva D.N.

**En route mechanical activation of viscous oil and oil products proceeding of railroad tank cars.**

**Summary.** In the present article the method of transportation of viscous oil and oil products in tank cars with en-route mechanical activation proceeding of railroad tank cars using kinetic energy of braking have been described by the authors. The preliminary data of laboratory studies confirming the validity of the developed concept have been shown. The preliminary results of experimental studies are acceptable to confirm that the combined effect of hydrodynamic impact and conversion of cavitations into heat substantially reduce the viscosity of oil and increase its fluidity, and also increase the time of recovery of thixotropic properties as compared to oil behavior in natural cooling after heating.

**Key words:** railroad tank, hydrodynamic brake, viscous oil, viscous oil products, rheology.

УДК 514.18

**Д.Д. Абилдабекова, У.Т. Қарымсақов**

(Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті  
Алматы қ., Қазақстан Республикасы)

**ҚҰРЫЛЫС МАМАНДЫҚТАРЫ БОЙЫНША БАКАЛАВРЛАРДЫ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ-  
ГРАФИКАЛЫҚ ДАЙЫНДАУ**

**Аннотация.** Құрылыс индустриясының қарқынды дамуы жоғары оқу орындарында құрылыс мамандарын дайындау сапасын жоғарылатуды талап етеді. Жоғары компетенциялы мамандарды дайындауда студенттердің белсенділігін, кәсіби қызығушылығын арттыруға оқытудың кәсіби бағытталған оқу жүйесі мүмкіндік береді. Кәсіби бағытталған оқу жүйесі жоғары оқу орнындағы білім берудің мазмұнының, технологиясының бакалаврдың кәсіби қызметінің нақты мазмұнынан бөлек болып, нәтижесінде кәсіби тәжірибелері мен теориялық дайындықтары арасындағы пайда болатын қайшылықтар мәселесін шешуге ықпал етеді. Құрылыс мамандығы бакалаврларын оқытуда сызба геометрия, инженерлік графика пәндері базалық болып табылады. Мақалада бакалаврларды геометриялық-графикалық дайындауда кәсіби бағытталған оқу жүйесін қолдану әдістемесі, студенттердің шығармашылдық-танымдық белсенділігін, пәнге деген қызығушылығын арттыру жолдары қарастырылады. Бұл жүйе студенттердің кәсіби тәжірибелерін арттыруға ықпал ететін теориялық дайындықтарының шыңдалуын қамтамасыз етеді.

**Түйін сөздер:** геометриялық-графикалық дайындық, маманның компетенциялық моделі, қайшылықтар, кәсіби бағытталған жүйе.

Бүгінгі таңда Қазақстан Республикасы құрылыс саласын жаңа деңгейге шығару мақсатында арнайы стратегиялық бағытты таңдап отыр. Соңғы жылдары елімізде құрылыс индустриясының қарқынды дамуы және мамандарды дайындау талаптарының өсуі оқытудың заманауи жүйелерін қажет етеді. Оқытудың кәсіби-жекеше бағытталған жүйесінде білімгердің жеке тұлғасына, оның

кәсіби қызығушылығы мен қажеттілігіне көп көңіл бөлінеді. Білім беруге деген мұндай көзқарас оқу үдерісіне белсенділік енгізетін, дәстүрлі емес ұйымдастыру формаларын талап етеді. Бұл білімгерлерді құрылыс мамандықтары үшін базалық пәндер болып табылатын инженерлік графика және сызба геометрия саласында да оқу үдерісінің толыққанды, әрі шығармашыл қатысушысы етеді.

Оқытушы педагогикалық үдерісін білімгерлерге тәрбие, білім беру мақсатында жүргізеді. Сол сияқты әр білімгердің оқудағы өзінің мақсаты, әдістері мен құралдары бар. Оқытушы мен білімгердің мақсаттары бір сабақтың өзінде сәйкес болмауы мүмкін. Оқытудың сыртқы және білім алудың ішкі үдерістерінің мейлінше жақын болуы педагогикалық үдерістің жемісті болуына әсерін тигізеді.

Сонымен, дәстүрлі, педоцентристік, заманауи дидактикалық жүйелердің ішінде соңғысы біздің зерттеулерімізге жақын болып табылады. Бұл дидактикалық концепцияда оқыту мен білім алудың, оқытушы мен білімгердің іс-әрекеттерінің тығыз байланыста болуы негізгі шарт болып табылады. Нәтижесінде педагогикалық қызметтің объектісі оның белсенді субъектісіне, ал қызметтің өзі субъект-объектті түрден субъект-субъектті түріне айналады. Бұның өзі педагогикалық қызметті күрделі, шығармашылдық және ерекше етеді.

Эксперименттік топтарда жүргізілген пәннің мазмұны студенттердің шығармашылдық қызметіне бағытталған. Осы бағытта қойылған талаптардың тиімді болуы үшін бірнеше педагогикалық шарттардың болуын қажет етеді [1,2].

Біздің зерттеулерімізде педагогикалық шарттарды анықтау үшін тек қана «Сызба геометрия», «Инженерлік графика» атты графикалық пәндердің мақсаттары мен міндеттері, қоғамның өндірісті басқару міндеттерін орындай алатын мамандардың қажеттілігі ескерілген.

Психологиялық-педагогикалық әдебиеттерді талдай отырып, жоғары оқу орындардағы білім беру тәжірибелерін ескеріп, біз мынадай педагогикалық шарттарды бөліп қарастырып отырмыз:

1. Жоғары оқу орындағы білім беру үдерісінде бакалаврлардың шығармашылдық, танымдық қызметін белсенді ету;

2. Жоғары оқу орындағы оқу-кәсіптік қызмет жүйесінде бакалаврлардың маңызды кәсіби қасиеттерін қалыптастыру;

3. Болашақ мамандардың ақпараттық-инновациялық мәдениетін қалыптастыру.

Бұл шарттардың орындалуы студенттердің шығармашылық қабілеттерін арттыру үдерісін ғылыми-әдістемелік қамтамасыздандыру жүйесінің болуын, «Сызба геометрия» оқытушысының білімгермен бірлесіп шығармашылық қызмет етуге кәсіби-педагогикалық дайындығын, білімгерлердің шығармашылық қабілеттерінің диагностикасы мен сатылы мониторингін, аудиторияда шығармашылық-ізденіс ортасын қалыптастыруды қажет етеді.

Кәсіби білім берудің негізгі қайшылығы: жоғары оқу орнындағы білім берудің мазмұны мен технологиясы бакалаврдың болашақтағы кәсіби қызметінің нақты мазмұнынан бөлек болуы, соның нәтижесінде кәсіби тәжірибе мен практикалық шеберліктің қажеттілігіне бакалаврдың теориялық дайындығының, тәжірибесі мен шеберлігінің әлсіздігінің қарсы тұруы. Сондықтан кәсіптік қызметті меңгеру сапасы білім беру қызметінің мақсаты, мазмұны, әдістері мен құралдары, шарттары мен үдерісі жағынан өзгеше қамтамасыз етілуі қажет.

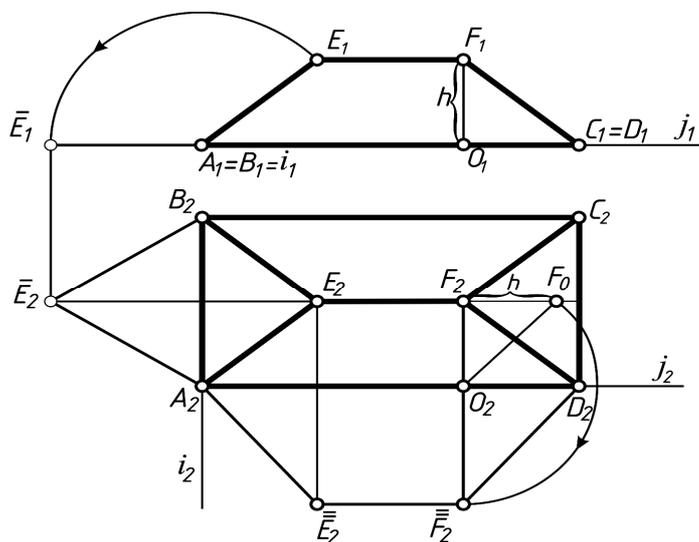
Бұндай қайшылықты контекстік оқыту теориясын қолдану арқылы шешуге болады. Бұл теория Л.С. Выготскийдің, А.Н. Леонтьевтің, П.Я. Гальпериннің, В.В. Давыдовтың және т.б. еңбектерінде сипатталған [3-5].

Біз құрылыс мамандықтарына арналған «Сызба геометрия» курсының оқыту үдерісінде зертханалық жұмыстардың, тапсырмалар мен жаттығулардың мейлінше кәсіби бағытталуын ұсынып отырмыз. Бұндай кешен бакалаврлардың өндірісте орындайтын жұмыстарына қатысты арнайы пәндермен байланыстырылады.

Г.М. Коджаспирова контекстік оқытуға мынадай анықтама береді: «...ғылым тілімен және оқытудың дәстүрлі немесе заманауи әдістері мен құралдарының көмегімен оқушылардың оқу қызметінде оның болашақ кәсіби қызметінің заттық және әлеуметтік мазмұнының модельденген оқыту түрі контекстік болып табылады» [3].

Сызба геометрия пәнін оқытуда студенттердің шығармашылдық-танымдық қызметтерін белсенді етудің жолдарын сызбаларды түрлендіру тақырыбының мысалында қарастырып көрелік. Сызбаларды түрлендіру тәсілдері сызба геометрияның түрлі метрикалық есептерін шешуге көмектеседі. Дәстүрлі әдістемелерде ара қашықтықты табу, кесіндінің ұзындығын табу,

фигуралардың аудандарын және т.б. метрикалық есептерді шешу кезінде қарастырылып отырған объектілер абстракциялы, тәжірибелік қолданыстан алыс болып түсіндіріледі. Тақырыпты мұндай тұрғыдан түсіндіру оның тәжірибеде қолданыс табу мүмкіндігін, маңыздылығын толық жеткізе алмайды және болашақта өздерінің кәсіби қызметтерінде мұндай тәсілдердің қолданыс табатынына көзі жетпеген студенттердің тақырыпқа деген қызығушылығын арттырмайды. Сондықтан шығарылатын метрикалық есептер мен орындалатын графикалық жұмыстар мейлінше сәулеттік жобалау жұмыстардың мазмұнына жақын болуы керек.



1-сурет

Сәулеттік-құрылыстық жобалау барысында үйлердің қабаттарының жоспарлары, тіліктер және т.б. кескіндер қолданылады. Сәулет-құрылыс жұмыс сызбаларының құрамына міндетті түрде шатыр жабынының жоспары да кіреді. Онда шатыр жабынының көлбеуліктері, су ағар бағыттары көрсетіледі. Сонымен қатар, шатыр жабынының ауданы есептеледі. Жоспарды орындау кезінде шатыр жабынының ауданын табу үшін сызбаны түрлендіру тәсілдерін қолдануға болады [6,7].

Үй шатырының фронталь (фасад) және горизонталь (план) проекциялары берілсін (1-сурет).  $ABE$  үшбұрышы мен  $DFC$  үшбұрыштары тең, сондықтан олардың біреуінің ауданын тапсақ жеткілікті.  $ABE$  жазықтығы фронталь-проекциялаушы жағдайында орналасқан. Оның натурал шамасын табу үшін проекциялаушы түзуден айналдыру тәсілін қолданған қолайлы. Фронталь-проекциялаушы  $AB$  түзуін  $i$  айналдыру осі ретінде қабылдаймыз. Сонда проекциялаушы түзуден айналдыру тәсілінің инварианттары бойынша  $E$  нүктесінің фронталь  $E_1$  проекциясын шеңбер бойымен айналдырып,  $ABE$  жазықтығын деңгейлік жағдайға келтіреміз. Ал  $E$  нүктесінің  $E_2$  горизонталь проекциясы  $i$  осінің  $i_2$  горизонталь проекциясына перпендикуляр түзудің бойымен

қозғалады.  $A_2 B_2 \bar{E}_2$  үшбұрышы  $ABE$  үшбұрышының нақты шамасы болады.

$AEFD$  және  $BCFE$  құламалары бірдей трапециялар, сондықтан  $AEFD$  трапециясының ауданын тапсақ жеткілікті.  $AEFD$  трапециясының аудандарын табу үшін оның нақты шамасын табуымыз керек. Ол үшін деңгей түзуінен айналдыру тәсілін қолданамыз. Деңгей түзуінен айналдыру тәсілінің инварианттары мынадай:

1. фигураның кез келген нүктесінің ескі және жаңа проекциялары айналдыру осіне перпендикуляр бір түзудің бойында орналасады;
2. фигураның кез келген кесіндісінің жаңа проекциясының ұзындығы оның нақты шамасына тең болады.

Айналдыру осі  $j$  ретінде  $AD$  горизонталь түзуін таңдап аламыз. Деңгейлік түзуден айналдыру тәсілінің инварианттары бойынша  $E_2 \bar{E}_2$  және  $F_2 \bar{F}_2$  түзулері  $A_2 D_2$  түзуіне перпендикуляр

болады.  $\overline{E_2E_2}$  және  $\overline{F_2F_2}$  кесінділері  $E$  және  $F$  нүктелерінің айналдыру  $j$  осінен қашықтықтарына тең болады. Ол үшін  $OF$  кесіндісінің  $O_2F_0$  нақты шамасын анықтаймыз.  $E$  және  $F$  нүктелерінің жаңа  $\overline{E_2}$  және  $\overline{F_2}$  проекциялары  $A_2D_2$  түзуінен  $O_2F_0$  қашықтығында орналасады.  $A_2D_2\overline{E_2}\overline{F_2}$  трапециясы  $A_2D_2E_2F_2$  трапециясының нақты ауданы болады.  $ABE$ ,  $DCF$ ,  $AEFD$ ,  $BCFE$  құламаларының аудандарының қосындысы үйдің шатыр жабынының ауданы болады.

«Сызба геометрия» курсының басқа да тақырыптарын оқыту барысында позициялық және метрикалық есептердің, графикалық жұмыстардың мейлінше кәсіби бағытталуы, сәулеттік жобалау мен құрылыс жұмыстарында қолданыс табатын нұсқаларын қолдану студенттердің пәнге деген қызығушылығын арттырады және олардың кәсіби тәжірибелері мен практикалық шеберліктерін арттыруға ықпал ететін теориялық дайындықтарының шындалуын қамтамасыз етеді.

Бұл жерде оқытудың кәсіби бағытталған жүйесіндегі тағы бір мәселе туындап отыр, ол - техникалық жоғары оқу орнының оқытушысының біліктілігі мен оның алдында тұрған контекстік оқыту арасындағы қайшылық. Яғни, педагогикалық білім алған оқытушылардың өнеркәсіп, құрылыс, өндіріс технологиялары саласында білімі жоқ болғандықтан олар контекстік білім беруді қамтамасыз ете алмайды. Сол сияқты, техникалық жоғары оқу орындарын бітірген оқытушылар да кәсіби бағытталған білім бере алмайды, өйткені олардың педагогикалық технологиялар саласында білімі жеткіліксіз.

Бұл проблеманың шешімін біз техникалық білімі бар оқытушылар үшін педагогика және оқытудың теориясы мен әдістемесі саласында біліктілігін арттыру курстарын ұйымдастыру арқылы табуды ұсынамыз. Бұл педагогикалық білімі бар маманның өнеркәсіп пен технологиялар бағытындағы біліктілігін жетілдіруден анағұрлым тиімді болады деп ойлаймыз.

Айтылған қайшылықтарды шешу нәтижесінде білімгерлердің геометриялық-графикалық пәндер бойынша үлгерімдері жоғарылап, кәсіби графикалық құжаттарды орындауда инженерлік ойлау арқылы компетенциясы артады. Маманның компетенциясы оған кәсіби қызметінде туындайтын әр түрлі мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Мамандар компетенцияларын әр түрлі кәсіпте қолдана алуы мүмкін, ал бұл олардың жұмыспен қамтамасыз етілу мүмкіндігінің аясын кеңейтеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

1. Цатурова И.А. Модель учебного процесса при взаимосвязанном обучении видам РД //межведомственный сборник научных трудов «Коммуникативные задачи как средство оптимизации обучения иностранным языкам». – Нальчик, 1988. – 230 с.
2. Кузьмина Н.В. Методы системного педагогического исследования. – Л.:ЛТУ, 1980. – 172 с.
3. Коджаспирова Г.М. Педагогика. – М.: Издательство КноРус, 2010. –С. 636-645.
4. Байденко В.И. Компетентностный подход к проектированию государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (методологические и методические вопросы): метод. пособие. – М., Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2005. – 114 с.
5. Гершунский В.С. Философия образования для XXI века (В поисках практико-ориентированных образовательных концепций). – М.: Совершенство, 1998. – 608 с.
6. Есмұхан.Ж.М., Есмұханова Ж.Ж. Сызба геометрия. – Алматы, ҚазҰТУ, 1998. – 264б.
7. Ыбраев А. Инженерлік графика. Техникалық жоғары оқу орындары мамандықтарының студенттеріне арналған оқулық. – Алматы, «Білім», 2005. – 248 б.

#### REFERENCES

1. Tsaturova I.A. Model of educational process at the interconnected training in types of RD//the interdepartmental collection of scientific works "Communicative Tasks as Means of Optimization of Training in Foreign Languages". – Nalchik, 1988. – 230 pages.
2. Kuzmin N. V. Methods of system pedagogical research. – Leningrad: LTU, 1980. – 172 pages.
3. Kodzhaspirova G. M. Pedagogics. Publishing house Knorus, 2010. – Page 636-645.
4. Baydenko V. I. Competence-based approach to design of the state educational standards of higher education (methodological and methodical questions): method. grant. – M, Research center of problems of quality of training of specialists, 2005. – 114 pages.

5. Gershunsky B.C. Education philosophy for the XXI century (In search of the praktiko-focused educational concepts). – M: Perfection, 1998. – 608 pages.
6. Esmukhan. Zh.M. Esmukhanova Zh.Zh. Descriptive geometry. – Almaty, KAZNTU, 1998. – 264 pages.
7. Ybrayev A. Engineering graphics. – Almaty, "Bilim", 2005. – 248 pages.

Абилдабекова Д.Д., Қарымсақов У.Т.

**Құрылыс мамандықтары бойынша бакалаврларды геометриялық-графикалық дайындау.**

**Түйіндеме.** Мақалада құрылыс мамандығы бакалаврларын геометриялық-графикалық дайындау саласында оқытудың кәсіби бағытталған жүйесі қарастырылған. Бұл жүйе маманның компетенциялық моделін құруға мүмкіндік береді. Жоғары оқу орнындағы оқыту технологиясы мен кәсіби қызметтің арасындағы, бакалаврлардың теориялық дайындығы мен кәсіби тәжірибелерінің арасындағы қайшылықтарды шешу жолдары ұсынылады.

**Түйін сөздер:** геометриялық-графикалық дайындық, маманның компетенциялық моделі, қайшылықтар, кәсіби бағытталған жүйе.

Абилдабекова Д.Д., Қарымсақов У.Т.

**Геометро-графическая подготовка бакалавров строительных специальностей.**

**Резюме.** В статье рассмотрена профессионально-ориентированная система обучения в области геометро-графической подготовки бакалавров строительных специальностей, способствующей созданию компетентностной модели специалиста. Предлагаются пути решения проблемы противоречий между содержанием профессиональной деятельности и технологией обучения в вузе, между практическим умением, профессиональным опытом и теоретической подготовкой бакалавра.

**Ключевые слова:** геометро-графическая подготовка, компетентностная модель специалиста, профессионально-ориентированная система.

Abildabekova D.D., U.T.Karymsakov

**Geosubway-graphic preparation of bachelors of construction specialties.**

**Summary.** In article the focused system of training in the field of the geosubway - graphic preparation of bachelors of the construction specialties, competence-based model of the expert promoting creation is considered professional. Solutions of a problem of contradictions between the content of professional activity and a training technology in higher education institution, between practical ability, professional experience and theoretical preparation of the bachelor are offered.

**Keywords:** the geosubway - graphic preparation, competence-based model of the expert, professional the focused system.

УДК 628.32

**Н.В. Сидорова, М.А. Отаров**

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

**ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ МАЛОЙ КАНАЛИЗАЦИИ**

**Аннотация.** Охрана и рациональное использование водных ресурсов, внедрение водосберегающих технологий, очистка и повторное использование сточных вод является актуальной проблемной. На сегодня наиболее распространенный способ очистки сточных вод - механическая и биологическая. В середине прошлого столетия, в период бурного развития науки, техники и технологии, большое внимание было уделено промышленным методам очистки сточных вод, в частности, искусственной биологической очистке, которая является энергозатратной и дорогой.

Биологическая очистка сточных вод в очистных сооружениях малой канализации – самый простой, надежный, эффективный и дешевый способ очистки сточных вод, который применим в первую очередь для очистки сточных вод малых населенных мест поселкового типа и др. Однако требуют своего решения, вопросы разработки конструкции и технологии, учитывающие резко континентальный климат, природные и региональные особенности Республики Казахстан.

**Ключевые слова:** канализация, сточные воды, очистка, биопруд, септик.

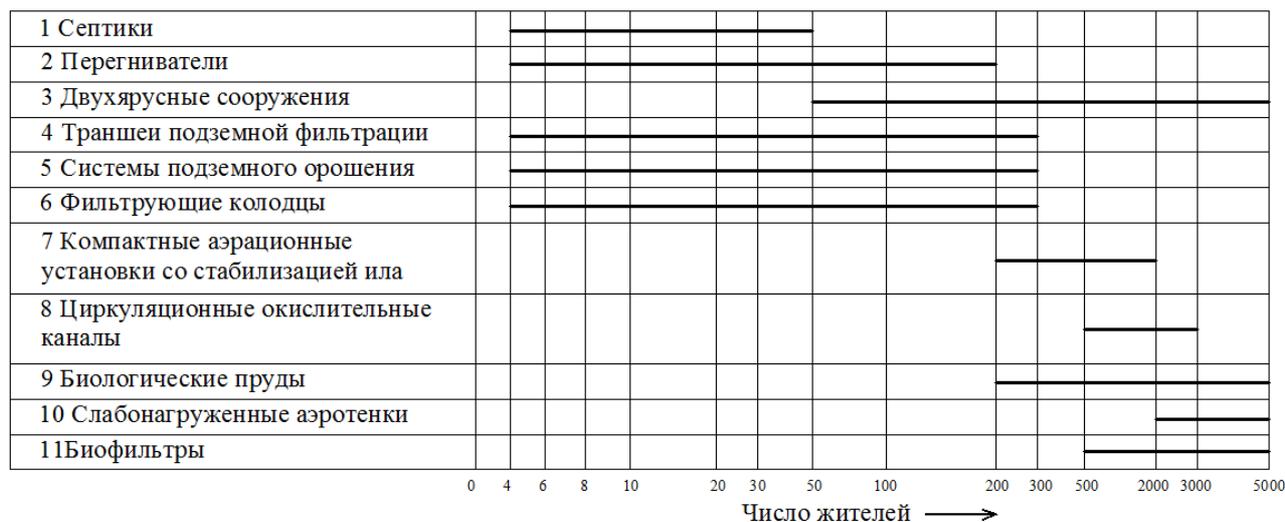
Вода играет решающую роль в жизни человека. От состояния водных ресурсов, систем водоснабжения и водоотведения зависит решение социально-экономических и экологических проблем.

Казахстан относится к регионам с острым дефицитом водных ресурсов. Тем не менее, в последнее десятилетие наблюдается интенсивное загрязнение водных ресурсов республики, вследствие негативного влияния антропогенных факторов, наиболее опасные из которых – недостаточно очищенные или неочищенные сточные воды. В данное время состояние очистки сточных вод многих населенных пунктов не соответствует современным экологическим и санитарно-гигиеническим требованиям.

В статье рассмотрены вопросы очистных сооружений малой канализации предназначенных для малых населенных пунктов численностью жителей не более 5000 человек.

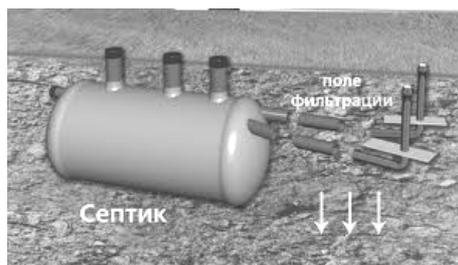
На очистных сооружениях малой канализации обрабатываются хозяйственно-бытовые стоки небольших населенных пунктов. Очистные сооружения систем малой канализации размещают на территории канализуемого объекта при канализовании отдельных зданий или вне его (при канализовании населенных пунктов); в обоих случаях соблюдаются установленные санитарно защитные зоны разрывы. Выбор способа очистки небольших количеств сточных вод, комплекса очистных сооружений, их типов и конструкций в значительной степени зависит от местных условий: возможности выделения площади земли под очистные сооружения, удаленности этой площади от жилья, топографии местности, грунтовых, гидрологических и климатических условий, характера и места расположения водоема, в который могут быть спущены очищенные воды.

Число жителей в населенном пункте играет решающую роль выбора очистного сооружения. К примеру, для очистки небольших количеств сточных вод применяются септики, фильтрующие колодцы, подземные поля фильтрации, а для больших небольших количеств сточных вод применяются компактные аэрационные установки со стабилизацией ила, циркуляционные окислительные каналы, биологические пруды, слабонагруженные аэротенки и биофильтры[2] (см. рис. 1).



**Рис.1.** Использование очистных сооружений малой канализации в зависимости от числа жителей

Для очистки сточных вод в количестве до 3 м<sup>3</sup>/сутки самыми простыми и надежными устройствами являются септики (см. рис. 2) и фильтрующие колодцы с водопроницаемыми стенками и дном. Устраиваются они в водопроницаемых песчаных и супесчаных грунтах. Для лучшей очистки осветленной воды в таком колодце рекомендуется устраивать искусственный фильтр из щебня или гравия высотой 1 м. Толщина слоя грунта между основанием фильтра и наивысшим уровнем грунтовых вод должна быть не менее 1 м.



**Рис. 2.** Септик

Средний эффект очистки сточных вод, считая по БПК, достигает 99%. В глинистых грунтах загрязнение не распространяется далее 5 м от фильтрующего колодца.

Поля подземной фильтрации можно устраивать, если имеется достаточный по площади участок земли, удовлетворительный по геологическим, гидрологическим и топографическим условиям и удаленный от жилья на соответствующее расстояние. Поля подземной фильтрации являются наиболее рациональным типом сооружений для очистки небольших количеств (примерно до 25 м<sup>3</sup>/сутки) сточных вод. Устраивать их рекомендуется в песчаных грунтах; допускается использование легких суглинков.

В перегниватели сбрасывают все сточные воды от промывки уборных, мытья посуды и ванн. Однако дождевую воду сбрасывать в них не следует. При медленном движении сточных вод в перегнивателе прежде всего на дно оседают имеющиеся в сточных водах взвешенные вещества. Гнилостные бактерии разлагают содержащиеся в осадке органические вещества, т. е. белки, жиры и углеводы. Однако процесс гниения распространяется также и на находящуюся над осадком сточную воду, так как в ней имеются растворенные и полурасстворенные вещества, поддающиеся разложению. Поскольку гнилостные бактерии вовсе не нуждаются в кислороде, то отпадает необходимость устройства в перегнивателях отверстий для подачи воздуха.

Фильтрующие траншеи применяются для биологической очистки сточных вод, когда наличие тяжелого грунта препятствует устройству полей подземной фильтрации или возможен естественный сток очищенной сточной воды в водоем. Расход сточных вод не должен превышать 15 м<sup>3</sup> / сут.

Фильтрующие траншеи устраиваются в водонепроницаемых и слабофильтрующих грунтах. При высоком горизонте грунтовых вод они должны иметь водонепроницаемое дно и стенки. В отличие от полей подземной фильтрации в этом случае друг над другом укладываются два трубопровода, которые разделяются слоем загрузки.

В фильтрующих траншеях в качестве загрузочного материала следует принимать крупно - и среднезернистый песок и другие материалы.

Фильтрующие траншеи следует проектировать в водонепроницаемых и слабофильтрующих грунтах при наивысшем уровне грунтовых вод на 1 м ниже лотка отводящей дрены.

Таким образом, фильтрующая траншея может применяться при очистке сточных вод не только от одного дома, но и от группы из 2 - 3 домов.

Сточная вода, поступающая в фильтрующую траншею, предварительно проходит обработку в септиках.

В качестве загрузочного материала в фильтрующих траншеях используется крупно и среднезернистый песок.

Компактные аэрационные установки предназначены для биологической очистки сточных вод методом «полного окисления» с аэробной стабилизацией избыточного активного ила, а также методом контактной стабилизации

Типовые установки разработаны на пропускную способность от 12 до 700 м<sup>3</sup>/сутки.

Результаты эксплуатации показали, что установки, работающие по методу полного окисления, экономичнее при пропускной способности до 200 м<sup>3</sup>/сутки, при большей пропускной способности требуются аэрационные установки, работающие с образованием избыточного активного ила и с его аэробной стабилизацией.

Очистка осуществляется методом «полного окисления» органических загрязнений, как жидкой, так и твердой фаз сточных вод в аэробных условиях. В этом случае нет необходимости строить отдельные сооружения для сбраживания осадка, а также иловые площадки для подсушки сброженного осадка.

Установка представляет собой металлический резервуар, разделенный системой перегородок на аэрационную и отстойную зоны. На входе имеются пескоулавливающий лоток и решетка с прозорами 16 мм.

Аэрация сточных вод осуществляется механическими аэраторами поверхностного типа или с пневматической подачей воздуха.

В зависимости от способа подачи сточной воды установка монтируется на уровне земли или заглубляется с тем, чтобы сточная вода поступала в нее самотеком. В первом случае требуется утепление установки. Во втором случае при применении установки в климатических зонах со среднезимней температурой до минус 30° С она монтируется на открытом воздухе; при более суровых климатических условиях над установкой возводится неотапливаемый шатер.

Биологические пруды (см. рис. 4) представляют собой искусственно созданные водоемы для биологической очистки сточных вод, основанной на процессах, которые происходят при самоочищении водоемов.



**Рис. 3.** Биологический пруд

При отсутствии хорошо фильтрующих почв для устройства полей фильтрации или полей орошения пруды могут быть использованы как самостоятельные сооружения для очистки сточных вод, а также для их доочистки в сочетании с другими очистными сооружениями.

Пруды делают небольшой глубины – от 0,5 до 1 м. Это позволяет создать значительную поверхность соприкосновения воды с воздухом и обеспечить прогрев всей толщи воды и хорошее ее перемешивание. Таким образом, создаются благоприятные условия для массового развития водных организмов, в частности планктонных водорослей, которые ассимилируют биогенные элементы и в результате процесса синтеза обогащают воду кислородом, необходимым при окислении органических веществ.

Биологические пруды обеспечивают более высокий эффект бактериального самоочищения, чем сооружения искусственной биологической очистки. Так, число кишечных палочек в прудах снижается на 95,9– 99,9% от начального содержания. Содержание яиц гельминтов в воде, прошедшей биологические пруды, ничтожно мало.

Напуск сточной воды и отвод очищенных вод из прудов производится рассредоточенно.

Для возможности полного опорожнения прудов дну их должен быть придан небольшой уклон по направлению к водосливным сооружениям.

Нормальная эксплуатация прудов происходит в теплое время, и уже при температуре воды ниже 6° С резко ухудшается.

При дальнейшем понижении температуры и особенно после образования ледяного покрова, когда проникновения кислорода в воду не происходит, процесс окисления органического вещества почти полностью прекращается. В этот период может происходить лишь намораживание сточной воды.

Биологические пруды рассчитывают обычно по нагрузке на поверхность в зависимости от концентрации загрязнений и температурных условий.

Различают следующие виды биологических прудов: 1) пруды с разбавлением (рыбоводные); 2) пруды без разбавления (многоступенчатые или серийные); 3) пруды для доочистки сточных вод.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев С.В., Гольштейн Я.С. Обработка фекальных отходов малых населенных пунктов. – М.: Изд. ЦИТИ. 1984. – 48 с.
  2. Грулер И. Очистные сооружения малой канализации. – М.: Стройиздат. 1980. – 200с.
  3. Воронин А.Т. Определение объемов водопотребления и отведения сточных вод малых водопользователей. Меж. вуз. сб. Минск. Наука и техника. 1979. – С. 43 – 48.
  4. Временные указания по проектированию очистных сооружений канализации сельских населенных мест. СН 392-69 – М.: 1969. 39 с.
  5. Лукиных Н.А., Липман Б.Л., Криштул В.П. Методы доочистки сточных вод. – М.: Стройиздат. 1978. – 156 с.
  6. Рекомендации по инженерному оборудованию сельских населенных пунктов. – М.: Стройиздат. 1984. – 111 с.
1. Yakovlev S.V., Gol'shtein YA.S. Obrabotka fekal'nykh otkhodov malykh naseleennykh punktov. – M.: Izd. TSITI. 1984. – 48.
  2. Gruler I. Ochistnye sooruzheniya maloi kanalizatsii. – M.: Stroiiizdat. 1980. – 200.
  3. Voronin A.T. Opredelenie ob'emov vodopotrebleniya i otvedeniya stochnykh vod malykh vodopol'zavatelei. Mezh. vuz. sb. Minsk. Nauka i tehnika. 1979. –P.43-48.
  4. Vremennye ukazaniya po proektiravaniyu ochistnyx sooruzhenii kanalizatsii sel'skix naseleennykh mest. SN 392-69-M.: 1969. 39.
  5. Lukinykh N.A., Lipman B.L., Krishtyl V.P. Metody doochistki stochnykh vod. – M.: Stroiiizdat. 1978. – 156.
  6. Rokomendatsii po ingenernomu oborudovaniyu sel'skix naseleennykh punktov. – M.: Stroiiizdat. 1984. – 111.

Сидорова Н.В., Отаров М.А.

**Кіші канализацияның тазарту ғимараттары.**

**Түйіндеме.** Ауылдық жерлерге арналған кіші канализацияның тазарту ғимараттарының салыстыру. Тазарту ғимаратын таңдағандағы қаралатын сипаттамалар. Тазарту ғимараттарының экономикалық салыстыруы.

**Түйіндеме сөздер:** канализация, сарқынды су, тазарту, биотоған, септик.

Сидорова Н.В., Отаров М.А.

**Очистные сооружения малой канализации.**

**Резюме.** Приводится сравнительный анализ очистных сооружений, малой канализации сельских населенных местностей. Рассматриваются разные параметры при выборе очистного сооружения. Приводится экономическое сравнение очистных сооружений.

**Ключевые слова:** канализация, сточные воды, очистка, биопруд, септик.

Sidorova N.V., Otarov M.A.

**Small wastewater treatment facilities.**

**Summary.** The comparative analysis of the treatment plants, sewage dedicated to small rural areas. We consider different options when choosing a treatment plant. Provides economic comparison of treatment plants.

**Key words:** sewerage, waste water, cleaning, bio-ponds, septic tank.

**Т. Болатжанулы**

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

## **К РАЗРАБОТКЕ КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ**

**Аннотация.** Современная консалтинговая компания является сложной искусственной системой, которая требует постоянных и значительных усилий, касающихся ее управления. Планирование, организация и управление – это функции, которые являются жизненно необходимыми при выполнении как операционной, так и проектной деятельности. Данные виды деятельности неразрывно связаны с такими информационными процессами, как накопление, хранение, передача, анализ и обработка больших объемов информации, которые сегодня невозможно выполнять без использования информационно-компьютерных технологий.

Кроме широкого круга программ и технологий, обычно использующихся в организациях и на предприятиях (офисные программы, виртуальные офисы, электронная почта, телеконференции и др.), рынок предлагает значительное количество специализированных программных систем, предназначенных для автоматизации работ, связанных непосредственно с планированием и управлением, в том числе управлением проектами.

Организационная и программно-техническая среда для оптимизации процессов планирования и управления проектами получила название ИСУП - информационная система управления проектами. ИСУП обеспечивает менеджера инструментами выработки выверенных управленческих решений, охватывающих различные уровни управления проектом на всех фазах его жизненного цикла, позволяющие обеспечить эффективность управления и координацию выполнения работ по проекту [1]. В состав ИСУП конкретной компании, кроме базового программного обеспечения системы управления проектами (Microsoft Project, Primavera Project Planner Professional, Project Expert и др.), могут быть интегрированы другие программы, такие как системы ССП, моделирования и оптимизации бизнес-процессов (Business Studio, Business Scorecard Manager, Oracle Balanced Scorecard), CRM-системы взаимоотношения с клиентами (Microsoft CRM, Terrasoft CRM, 1С:CRM ПРОФ), ERP-системы управления предприятием (Microsoft Dynamics, Infor ERP SyteLine, 1С:Предприятие 8.0), системы электронного документооборота (DocsVision, Летограф, 1С:Документооборот) и др.

Рассмотрим отдельные виды программного обеспечения поддержки управления через призму выявления положительных и отрицательных свойств отдельных программ.

CRM-системы, являясь отдельным классом программного обеспечения автоматизации бизнес-процессов, ориентированы прежде всего на клиентскую базу компаний. Такие системы позволяют не только организовать хранение информации, но также отслеживать процессы взаимодействия с клиентами, эффективно строить процессы коммуникаций, расширять продуктовую линейку, развивать свой бизнес в правильном направлении.

К преимуществам CRM-систем можно также отнести клиент-серверную архитектуру приложений. Организация взаимодействия пользователей с самой системой производится через доступ к серверной части, что позволяет не создавать большое количество разных баз данных, а хранить всю информацию в одном сетевом файле. На компьютерах пользователей устанавливается только клиентская часть программы, работающая как шлюз к серверной части.

Настраиваемые права доступа пользователей дают возможность отслеживать их активность лицам, имеющим административный доступ к системе. Это позволяет оценить вклад в суммарный объем информации по каждому пользователю системы. Кроме того, аутентификация пользователей с уникальными именами и паролями гарантирует авторизованность всех осуществляемых в системе действий.

Кроме того, большинство современных CRM-систем имеют возможность разработки собственных отчетных форм, что позволяет расширить функциональность таких систем и адаптировать её под нужды конкретной компании.

Основным недостатком CRM-систем является тот факт, что в них не учитывается роль первого руководителя компании в ключевых бизнес-процессах организации. В CRM-системах все контролируемые процессы строятся по принципу «Менеджер – Клиент – Менеджер». Таким образом, системы

данного класса не позволяют автоматизировать стратегическое управление, являющееся ключевым для всех уровней организации. По сути, сама задачи автоматизации в таких системах лежит не в области управления как такового, а лишь одной из его областей – управление взаимоотношениями с клиентами.

Следующий вид систем автоматизации управления – программы электронного документооборота. Суть таких систем заключается в автоматизации процессов работы с различной документацией – от регулярных отчетов о проделанной работе до приказов и распоряжений руководителя компании.

Вовлеченность высшего руководства компании в такого рода системы намного выше, чем при работе с CRM-системами. Большое количество документации порождается на высшем уровне управления, поскольку именно здесь определяются все основные процессы организации.

Большинство систем электронного документооборота строится по принципу удаленного размещения файлов, к которым имеется доступ через протоколы локальной сети. Некоторые программные средства позволяют даже организовать совместный доступ к документам, когда несколько пользователей могут одновременно редактировать текстовый или табличный документ, имея возможность видеть изменения, вносимые каждым из них в текущий момент времени.

В качестве основного преимущества систем электронного документооборота можно выделить простой пользовательский интерфейс, отсутствие специфических функций, работа с которыми требовала бы наличия определенных навыков у пользователей. Все программы электронного документооборота представляют собой графический интерфейс доступа к корпоративному пулу документации с возможностью группировки отдельных видов документов и присвоения им уникальных признаков, позволяющих отслеживать действия по работе с документацией.

Среди недостатков систем электронного документооборота особо выделяется отсутствие инструментов расширения функциональной части. Если при работе со многими CRM-системами пользователи имеют возможность разработать свои программные формы, то здесь функциональность систем ограничивается изначально заложенными модулями.

Поскольку именно классификация документации и возможность присвоения каждому документу своих уникальных признаков, являются основными целями разработки такого рода систем, то невозможность изменения базовых классификаторов признаков, лежащих в основе данных функций, является серьезным недостатком. Пользователям предлагается система классификации с набором обобщенных признаков, что будет потенциально занижать эффективность документооборота в организациях, деятельность которых имеет свои специфические особенности.

Программы автоматизации процессов управления проектами основываются, прежде всего, на стандартах, регламентирующих проектное управление. Данный вид программного обеспечения основывается обычно на автоматизации процессов составления проектной документации: построения сетевого графика, диаграмм Ганта, Ишикавы, разработке иерархической структуры работ, календарных планов проекта. Такие программы поддерживают и процесс управления проектом, то есть помогают отслеживать выполнение проекта в динамике сроков исполнения работ, набора проектных групп, распределения ролей и степени участия, а также определять ответственность членов команды, доступность ресурсов в конкретные моменты времени и т.д.

Основное преимущество таких систем заключается в соответствии функциональной части программы стандартам проектного управления, что в значительной мере облегчает работу с ними в организациях, где внедрен проектный подход, а регламентирующая документация разработана на принципах проектного управления.

К преимуществам можно также отнести возможность одновременной работы над проектом всех участников, автоматическое разделение ролей. При использовании программных систем, имеющих в своем составе серверную часть, достигается возможность обсуждения проекта через встроенные мессенджеры, текстовые и видеочаты.

Большинство таких систем, включая программы, разработанные по принципу OpenSource, является клонами наиболее популярного программного решения – Microsoft Project, что само по себе является значительным недостатком, так как в итоге конечным пользователям навязывается видение процессов управления проектами компанией Microsoft, в функциональную часть включается их собственное понимание некоторых неоднозначных вопросов, присутствующих в методиках.

Как показал анализ имеющихся систем автоматизации процессов управления, у каждого вида

программного обеспечения есть свои преимущества и недостатки, что обуславливает тот факт, что при организации ИСУП компании возникает достаточное количество проблем: сложность и длительность внедрения программы и обучения персонала, высокая стоимость (особенно при использовании серверного программного обеспечения), а главное – ни одна коммерческая программа не обеспечивает все функциональные потребности конкретной действующей компании.

Обзор международного рынка программных средств автоматизации процессов управления позволяет прийти к выводу, что спектр таких систем весьма широк, но, несмотря на это, отсутствует программное решение, обеспечивающее в должной мере поддержку всех основных процессов управления и ориентированное прежде всего на высшее руководство компании.

В настоящее время в СПМ РК (Союз проектных менеджеров Республики Казахстан) силами собственных аналитиков и программистов предпринимается попытка разработки собственной информационной системы поддержки управленческих решений (ИСПУР) на основе анализа существующего программного обеспечения и практических потребностей данной организации, выявленных за годы ее функционирования.

При разработке ИСПУР [2] учитывается, что ключевую роль при осуществлении деятельности компании играет ее высшее руководство. Первые руководители не только принимают ключевые решения на стратегическом уровне управления, но и занимаются непосредственным общением с перспективными клиентами, выводят компанию на заключение важных коммерческих договоров и соглашений, участвуют в тематических мероприятиях высокого уровня.

Таким образом, при автоматизации управления в компании должна приниматься во внимание роль высшего руководства в самом управлении. К сожалению, продукты, которые сегодня присутствуют на рынке программного обеспечения, не учитывают данный фактор в достаточной мере.

В отдельную группу проблем управления можно выделить проблемы, связанные с тайм-менеджментом компании. Учитывая, что первый руководитель играет определяющую роль в организации деятельности компании на всех уровнях, его рабочий график часто определяет степень успешности деятельности компании. Например, рассмотрим такой вариант, когда плотный график руководителя создает невозможность анализа текущей деятельности организации. В таком случае руководитель занимается развитием организации несистемно, фокусируясь на частных проблемах и, следовательно, не имеет полной картины текущих проблем организации. В лучшем случае роли анализа текущей деятельности и повышения ее эффективности возлагаются на заместителей руководства, в худшем – данным процессам вообще не уделяется должное внимание.

Ключевой целью деятельности любой коммерческой организации является максимально полная трансформация контактов в контракты. Существует множество процессов на разных уровнях управления, работающих на достижение данной цели и повышение эффективности деятельности самой компании. Важно различать процессы, осуществляемые на уровнях исполнения (линейные сотрудники, руководители подразделений), уровнях контроля (помощники и заместители первого руководителя) и уровне непосредственного принятия решений (первый руководитель).

На уровне первого руководителя компании возникает проблема определения степени его участия в принятии решений управления в том или ином виде процессов организации.

Учитывая высокую степень занятости лиц, управляющих компанией, а также тот факт, что руководитель практически не может всегда держать в поле личного контроля все процессы организации, возникает потребность в разработке инструмента, который бы позволил первому руководителю компании получать только ключевую информацию о бизнес-структурах, во главе которых он стоит.

Наиболее трудной задачей здесь является классификация процессов организации и выделение ключевых показателей, обработка которых первым руководителем позволит ему принимать решения управления, не вникая вглубь данных процессов.

Формирование отчетных форм на уровне системы в целом позволит рассматривать ИСПУР как некую панель управления компанией, в которой каждой сущности (регистру управления) будет соответствовать свой массив информации, отражающей в максимально полной мере определенный процесс организации.

Для автоматизации сбора ключевых показателей по каждому макрообъекту, требуется осуществить несколько этапов проектирования подсистем информационной системы:

1) этап разработки структуры полей. На данном этапе определяются основные требования к

разрабатываемой подсистеме, а именно требования к классификации информации по макрообъекту управления;

2) этап составления технического задания, на котором формулируются требования уже к программному обеспечению подсистем, составу входных и отчетных форм;

3) этап разработки организационного обеспечения. От качества действий, осуществленных на данном этапе, зависит эффективность разрабатываемой системы. На данном этапе разрабатываются руководство пользователя, техническая инструкция и регламент работы с подсистемой.

Все выделенные регистры управления в ходе разработки ИСПУР должны получить соответствующую подсистему:

- Инвиз – подсистема, обеспечивающая эффективные коммуникации руководства и линейных сотрудников консорциума с потенциальными клиентами, партнерами и другими пользователями услуг СПМ РК (разработана);

- Инсод – автоматизация процессов управления объектами деятельности компании, в состав которых входят все портфели проектов, проекты, пакеты работы, а также идеи, инициирующие предпроектные компании;

- Инзап – управление так называемыми записями, под которыми понимается любая информация, впоследствии трансформируемая в утвержденные документы;

- Инструк – подсистема автоматизации управления внутренними показателями структур компании;

- Инсоб – автоматизация управления всеми событиями, происходящими в ходе текущей деятельности структур компании;

- Инрес – управление нематериальными и материальными ресурсами структур компании;

- Инконтр – управление взаимодействием с контрагентами компании;

- Инструм – учет и контроль инструментария компании;

- Индок – автоматизация управления документооборотом внутри структур компании;

- Инвнеш – взаимодействие структур компании с внешней средой и влияние внешней среды на компанию.

Отличительной особенностью разработки ИСПУР является то, что она может производиться помодульно, но каждая отдельная подсистема изначально предполагает функции взаимосвязи с другими подсистемами. Так, при разработке Инвиз, в структуре полей базы данных был выделен отдельный блок данных – блок взаимосвязи с другими подсистемами.

Проект разработки подсистемы Инвиз является пилотным, поскольку разработку остальных подсистем ИСПУР планируется вести по той же организационной и технологической схеме. Участники последующих разработок смогут также использовать шаблоны документов, таких как технологический регламент, иерархические структуры работ (ИСР) и др. Остальные подсистемы ИСПУР будут иметь схожую с Инвиз программную оболочку. Различие том, что в других подсистемах респонденты не люди, а, например, контрагенты, документы и т.д.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Профайл аналитического обзора рынка информационных систем управления проектами по итогам 2008 года. СПб.: DSS Consulting, 2009, 43 с.

2. Степанов В.А. Актуальность разработки отечественных информационных систем в сфере управления взаимодействием с клиентами Материалы VII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Европа и Центральная Азия: интеграция и сотрудничество». – Алматы: НИЦ КОУ, 2010.

Болатжанұлы Т.

**Басқарушылық шешімдердің ақпараттық жүйелерін құру тұжырымдамасын дайындауға.**

**Түйіндеме.** Ұсынылған мақалада басқарушылық шешімдерді қолдаудың бағдарламалық қамтамасыздандыруының әртүрлі түрлері қарастырылған. Олардың оң және теріс жақтары көрсетілген. Бірлестіктің жоғарғы басқармасы үшін басқару үрдістерін қолдауды қамтамасыздандыратын мамандандырылған бағдарламалық кешендердің жоқтығын автор анықтаған. Бұл мақалада басқарушылық шешімдерді қолдаудың жеке ақпараттық жүйесі ұсынылған. (БШҚАЖ - басқарушылық шешімдерді қолдаудың ақпараттық жүйелері)

Болатжанулы Т.

**К разработке концепции создания информационных систем поддержки управленческих решений.**

**Резюме.** Рассматриваются различные виды программного обеспечения поддержки управленческих решений. Выявлены их положительные и отрицательные стороны. Автором установлено отсутствие специализированных программных комплексов, обеспечивающих поддержку процессов управления для высшего руководства компании. В статье представлена разработка собственной информационной системы поддержки управленческих решений (ИСПУР – информационная система поддержки управленческих решений).

Bolatzhanuly T.

**On the development concept of information systems for management decision support .**

**Summary.** This article discusses different types of system software for management decision support and reveals their strong and weak points. The author shows that there is presently the lack of specialized program software providing support in management process for senior managers. The article presents the author's development of information system for management decision support (ISMDS).

УДК 621.382

**С.Г. Кусаинов, А.С. Кусаинов, Н.С. Буктуков, Г.К. Нурахметова**  
(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

**ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАТОВ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ**

Казахстан обладает значительными ресурсами возобновляемой энергии в виде гидроэнергии, энергии ветра, солнца, биомассы.

Ресурсы солнечной энергии в Казахстане являются стабильными и приемлемыми благодаря благоприятным сухим климатическим условиям. Количество солнечных часов составляет 2200-3000 в год, а энергия солнечного излучения -1300-1800 кВт на 1 м<sup>2</sup> в год. Потенциальный уровень потока энергии на всей территории Казахстана составляет 1 трлн. кВт.ч. На базе фотопреобразователей при возможной суммарной мощности гелиоэлектро-станций 2500 МВт потенциально возможная выработка составляет 2,5 млрд. кВт.ч в год. Наиболее благоприятными районами для размещения гелиоэлектростанций являются Приаралье, Кызылординская и Южно-Казахстанская области, в которых имеется дефицит электроэнергии.

Однако, эти ресурсы не нашли применения вплоть до настоящего времени.

В связи с этим основной задачей является создание научного эффективного и результативного решения, креативной команды, способной обеспечить его выполнение в любой конкурентной среде. Результативность означает «делать нужные и правильные вещи» (doing the right things). А эффективность является следствием того, что «правильно создаются эти вещи» (doing things right). И первое, и второе одинаково важно.

Эффективно использовать источники природной энергии, а значит создавать приборы и оборудование, отвечающие требованиям потребителя по обеспечению необходимыми мощностями и без вредного воздействия на окружающую среду пока в достаточном объеме не удастся. Основными причинами такого положения дел является наличие богатых запасов ископаемых топливно-энергетических ресурсов, длительное отсутствие государственной политики и законодательной базы по энергосбережению, повышению энергоэффективности и поддержке использования возобновляемых источников энергии [1].

Эффективными, с энергетической точки зрения, устройствами по преобразованию солнечной энергии в электрическую являются полупроводниковые фотоэлектрические преобразователи (ФЭП), поскольку это прямой, одноступенчатый переход энергии. При характерной для ФЭП равновесной температуре порядка 300–350 Кельвинов и  $T$  солнца ~ 6000 К их предельный теоретический КПД >90 %.

1. Преобразование энергии в ФЭП основано на фотовольтаическом эффекте, который возникает в неоднородных полупроводниковых структурах при воздействии на них солнечной радиации.

2. Неоднородность структуры ФЭП может быть получена легированием одного и того же полупроводника различными примесями (создание p - n переходов, гетеропереходов) или за счёт изменения химического состава полупроводника, приводящего к появлению градиента ширины запрещённой зоны. Возможны также различные комбинации перечисленных способов.

3. Эффективность преобразования зависит от электрофизических характеристик неоднородной полупроводниковой структуры, а также оптических свойств ФЭП, среди которых наиболее важную роль играет фотопроводимость. Она обусловлена явлениями внутреннего фотоэффекта в полупроводниках при облучении их солнечным светом.

Некоторые аргументы против ВИЭ:

- нестабильность производства энергии;
- низкая плотность энергии;
- дороговизна оборудования и вырабатываемой энергии;
- необходимость резервирования мощности ВЭС;
- малая мощность ветростанции (по сравнению с традиционными электростанциями);
- потребление реактивной мощности.

или путём соединения различных полупроводников с неодинаковой шириной запрещённой зоны - энергии отрыва электрона из атома.

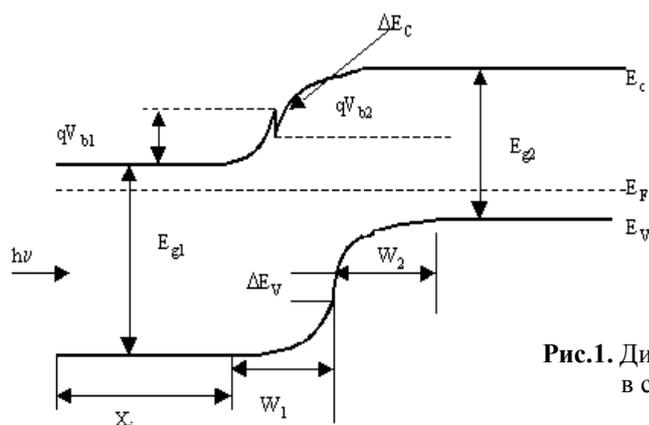
Для уменьшения всех видов потерь энергии в ФЭП разрабатываются и успешно применяются:

- 1) направленное улучшение свойств полупроводниковой структуры путём её оптимального легирования и создания встроенных электрических полей;
- 2) переход от гомогенных к гетерогенным и варизонным полупроводниковым структурам;
- 3) оптимизация конструктивных параметров ФЭП (глубины залегания p-n перехода, толщины базового слоя, частоты контактной сетки и др.);
- 4) использование полупроводников с оптимальной для солнечного излучения шириной запрещённой зоны;
- 5) применение многофункциональных оптических покрытий, обеспечивающих просветление, терморегулирование и защиту ФЭП от космической радиации;
- 6) разработка ФЭП, прозрачных в длинноволновой области солнечного спектра за краем основной полосы поглощения;
- 7) создание каскадных ФЭП из специально подобранных по ширине запрещённой зоны полупроводников, позволяющих преобразовывать в каждом каскаде излучение, прошедшее через предыдущий каскад, и пр.;

Основные необратимые потери энергии в ФЭП связаны с: 1) отражением солнечного излучения от поверхности преобразователя; 2) прохождением части излучения через ФЭП без поглощения в нём; 3) рассеянием на тепловых колебаниях решётки избыточной энергии фотонов; 4) рекомбинацией образовавшихся фотопар на поверхностях и в объёме ФЭП; 5) внутренним сопротивлением преобразователя.

Для уменьшения всех видов потерь энергии в ФЭП разрабатываются и успешно применяются различные мероприятия. К их числу относятся:

- 1) направленное улучшение свойств полупроводниковой структуры путём её оптимального легирования и создания встроенных электрических полей;
- 2) переход от гомогенных к гетерогенным и варизонным полупроводниковым структурам;
- 3) оптимизация конструктивных параметров ФЭП (глубины залегания p-n перехода, толщины базового слоя, частоты контактной сетки и др.);
- 4) использование полупроводников с оптимальной для солнечного излучения шириной запрещённой зоны;
- 5) применение многофункциональных оптических покрытий, обеспечивающих просветление, терморегулирование и защиту ФЭП от космической радиации;
- 6) разработка ФЭП, прозрачных в длинноволновой области солнечного спектра за краем основной полосы поглощения;
- 7) создание каскадных ФЭП из специально подобранных по ширине запрещённой зоны полупроводников, позволяющих преобразовывать в каждом каскаде излучение, прошедшее через предыдущий каскад, и пр.;



**Рис.1.** Диаграмма энергетических зон n – p гетеропереходе в состоянии термодинамического равновесия.

В качестве наиболее вероятных материалов для фотоэлектрических систем преобразования солнечной энергии СЭС в настоящее время рассматривается кремний и арсенид галлия (GaAs), причём в последнем случае речь идёт о гетерофотопреобразователях (ГФП) со структурой AlGaAs-GaAs.

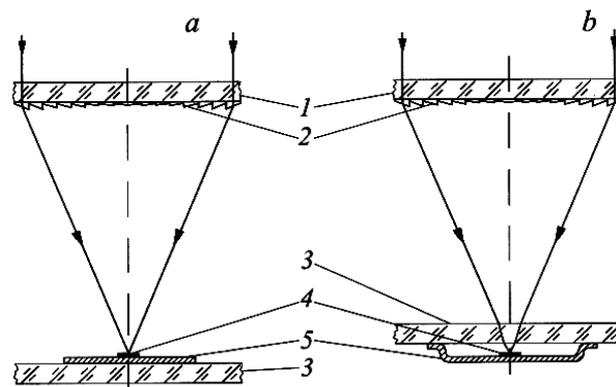
Гетероструктурные СЭ на основе GaAs имеют более высокий КПД, чем кремниевые (монокристаллические и особенно - аморфного кремния). КПД арсенид-галлиевых солнечных батарей доходит до 35-40%. Их максимальная рабочая температура - до +150° С, в отличие от + 70° С - у кремниевых батарей. Их теоретический КПД выше, так как ширина запрещённой зоны у них практически совпадает с оптимальной шириной запрещённой зоны для полупроводниковых преобразователей солнечной энергии 1,4 эВ. У кремниевых этот показатель 1,1 эВ. [2 -5].

Гетеропереходы представляют собой переходы, образующиеся при контакте двух различных полупроводников. Фотоны с энергией, меньше  $E_{g1}$ , но больше  $E_{g2}$ , будут проходить через слой первого полупроводника, который играет роль оптического окна, и поглощаются во втором полупроводнике. Носители, генерируемые излучением внутри обедненного слоя и в электронейтральном объеме полупроводника в пределах диффузионной длины от перехода, будут коллектироваться переходом подобно тому, как это имеет место в солнечных элементах с n – p – гомопереходами. Фотоны с энергией, больше  $E_{g1}$ , поглощаются в первом полупроводнике, и переход будет коллектировать носители, генерируемые этим излучением на расстоянии от перехода, не превышающем диффузионную длину, либо непосредственно в области пространственного заряда.

Преимущества солнечных элементов с гетеропереходами перед обычными солнечными элементами с p - n-переходами состоят в:

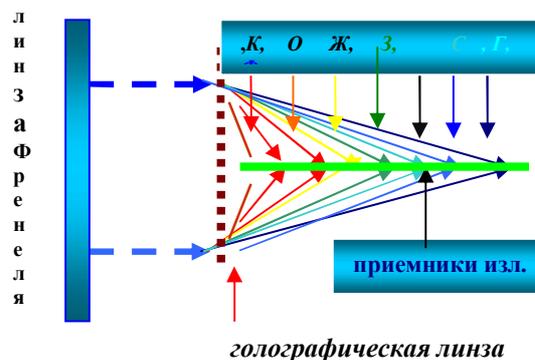
- 1) увеличении спектрального отклика в коротковолновом диапазоне при условии, что энергия  $E_{g1}$  достаточно велика, и фотоны с высокой энергией поглощаются в обедненном слое второго полупроводника;
- 2) понижении последовательного сопротивления при условии, что первый полупроводник можно сильно легировать, не ухудшая при этом условий прохождения света через него;
- 3) высокой радиационной стойкости, если первый слой полупроводника достаточно толстый, и полупроводник имеет широкую запрещенную зону.

Активное использование нанотехнологий при создании структур для СЭ, а также освоение космоса предопределили развитие нового направления в солнечной фотоэнергетике – преобразование концентрированного солнечного излучения. *Использование концентраторов излучения, изготовленных из дешевых материалов, в сочетании с высокоэффективными концентраторными СЭ малой площади позволяет поднять эффективность преобразования солнечного излучения и снизить стоимость вырабатываемой фотоэлектрическими установками энергии, а следовательно открывает путь к широкому применению фотоэлектрического метода преобразования концентрированного солнечного излучения.*



**Рис. 2.** Варианты схем модулей: 1- фронтальная стеклянная панель; 2 - силиконовый профиль линз Френеля; 3 - тыльное стеклянное основание; 4 - ФЭП ; 5- теплопроводящая пластинка.

В Физико-техническом институте имени А.Ф. Иоффе РАН рассмотрены два основных аспекта, определяющих конструктивный облик солнечного концентраторного модуля с трехкаскадными наногетероструктурными фотоэлектрическими преобразователями (ФЭП) — это условие эффективного концентрирования излучения линзами Френеля и условие эффективного отвода тепла от ФЭП. Определены конструктивные параметры соответствующих элементов модуля. Каждый модуль состоит из фронтальной панели малоразмерных линз Френеля и соответствующего количества ФЭП с многослойной структурой на основе InGaP/GaAs/Ge.



**Рис. 3.** Рисунок 2 Показаны возможности голографического оптического элемента интегрировать и фокусировать разные частоты (длины волн) вдоль оптической оси.

В результате – увеличение более, чем в 2,5 раза количества электроэнергии, вырабатываемой с единицы площади СФЭУ (за счет большей эффективности и слежения за Солнцем) по сравнению со стационарными кремниевыми солнечными батареями. В КазНТУ, на кафедре общей и теоретической физики была разработана методика получения на основе голографической технологии концентратора солнечного излучения [6] представляющего собой синусоидальную зонную пластинку Френеля.

Отличительной особенностью, ее является то, что она, наряду с фокусирующими свойствами обладает еще и диспергирующим свойством. Разрешающую способность, можно менять в необходимых пределах, принципиальная схема работы устройства представлена на рис. 3, где линза Френеля служит для увеличения количества падающего световой радиации на голографическую диспергирующую линзу – концентратор, где она разлагается на спектр от инфракрасного излучения до ультрафиолетового, и тепловая часть ее отводится сразу же за голографической линзой концентратором.

Остальные сфокусированные вдоль оптической оси длины волн фокусируются на фотоприемниках с соответствующей шириной запрещенной зоны, где оптимально и преобразуются в фототок. При соответствующем подборе фотоприемников с оптимальной шириной запрещенной зоны суммарный коэффициент преобразования может составить 40 – 50 % , а если утилизировать и тепловую часть (ИК – излучение) то общий КПД повысится еще на десятки процентов.

Линза Френеля для сбора излучения необходима не только для увеличения интенсивности радиации падающей на диспергирующий концентратор и далее на фотоприемники, но и для того чтобы извлечь оптимальный коэффициент преобразования при ее данных технических параметрах, не увеличивая число дорогостоящих полупроводниковых преобразователей, а также количество диспергирующих и фокусирующих концентраторов более трудоемких в производстве, чем простая линза Френеля. Так

как тепловая часть излучения может быть свободно отведена от полупроводниковых приборов (ПП) и даже утилизирована, то проблем с перегревом ее не может быть, даже при большой концентрации световой энергии. Хотя в любом случае можно и нужно ее оптимизировать в силу различных экономических и физических соображений. Главное в этом предложении: отвод тепловой части излучения от фотоприемников; создание комфортных условий работы ПП-приборам, в смысле согласования длины волны радиации с естественной шириной запрещенной зоны приемников и, как следствие, максимальной КПД ее работы; совмещение в одном приборе двух оптических функций – диспергирующего и фокусирующего элементов которые могут быть изменены в связи с необходимостью (то есть имеется технологическая возможность увеличения разрешающей способности концентратора как спектрального прибора), а также других физических параметров при создании гибридного оптического прибора, воспользовавшись их различными дисперсионными характеристиками. Будучи тиражированным на гибкой полимерной основе, предлагаемый прибор может работать как преобразователь световой энергии в электрическую.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Уразалинов Ш.А., Председатель КЭА, к.т.н. Энергоэффективность и энергосбережение – показатели эффективности экономики <http://www.keakz.kz/readArticle.php?did=256>
2. Жорес Алфёров. Полупроводниковые гетероструктуры — основа развития современной электроники и высокоэффективной энергетики <http://www.pereplet.ru/text/metelskaya18.html>
3. Андреев В.М., Грилихес В.А., Румянцев В.Д. Фотоэлектрическое преобразование концентрированного солнечного излучения. Л.: Наука, 1989.
4. Алферов Ж.И., Андреев В.М., Румянцев В.Д. // ФТП. 2004. Т. 38. Вып. 8. С. 937–948.
5. Андреев В.М., Давидюк Н.Ю., Ионова Е.А., Покровский П.В., Румянцев В.Д., Садчиков Н.А. Оптимизация параметров солнечных модулей на основе линзовых концентраторов излучения и каскадных фотоэлектрических преобразователей // Журнал технической физики, 2010. Т. 80, Вып. 205;06;07;12.
6. А.С.№ 1608614.27.88. Кусаинов С.Г. Способ получения пропускающих голограмм, восстанавливаемых белым светом; Бюл. изобрет. № 4, 15.12.94; РК. Бюл. изобрет. № 43.1990. с. 178-179; Патент №167 РК.15. 09.94; Патент №1608814. Россия. 17.04.96.

Құсаинов С.Г., Құсаинов А.С., Буктуков Н.С., Нурахметова Г.К.

#### **Күн радиациясының концентраттарының түзілу мәселесі.**

**Түйіндеме.** ВИЭ үшін Қазақстандағы күн энергия ресурстары қысқаша бағаланған. Шалаөткізгіш гетероқұрылымдарды пайдаланып, концентрацияланған күн сәулесін фотоэлектрлік түрлендірудің алдыңғы қатарлы Россия технологиясы келтірілген. Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУда жасалған күн сәулесін түрлендіргіш дисперциялық концентратор ұсынылған.

Кусаинов С.Г., Кусаинов А.С., Буктуков Н.С., Нурахметова Г.К.

#### **Проблема формирования концентраторов солнечной радиации.**

**Резюме.** Дана краткая оценка ресурсов солнечной энергии по Казахстану для ВИЭ. Приведена передовая Российская технология в области фото-электрического преобразования концентрированного солнечного излучения с использованием полупроводниковых гетероструктур. Предложены диспергирующие концентраторы солнечного излучения разработанные в КазНТУ имени Сатпаева.

Kusainov S.G., Kusainov A.S., Buktukov N.S., Nurahmetova K.K.

#### **The problems of transformation of solar energy.**

**Summary.** The short estimate of resources of a solar energy across Kazakhstan for (RES - Restored Energy source) is given. The advanced Russian process engineering in the field of a photo of electrical conversion of the concentrated sunlight with usage of semi conducting heterostructures is given. Dispersive hubs of a sunlight which are offered developed at the Kazakh National Technical University of a name of K.Satpaeva.

УДК622.349

**Н.Б. Жапсарбай**

(Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева,  
г.Алматы, Республика Казахстан)

## **ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ГАЗА И ВЫБОРА УСТАНОВКИ УКПГ-4,38 НА МЕСТОРОЖДЕНИИ АМАНГЕЛЬДЫ ГАЗ**

Попутный нефтяной газ подразделяется на растворенный в нефти и содержащийся в газовых “шапках” газоконденсатных и нефтяных месторождений.

Как и природный газ или нефть, попутный нефтяной газ является ценным сырьем для химической и энергетической промышленности. Несмотря на высокую теплотворную способность, использование попутного нефтяного газа в электрогенерации затруднительно в связи с существенной нестабильностью состава и наличием высокого количества примесей, что приводит к существенным затратам на подготовку (очистку) газа.

О вопросе использования попутного нефтяного газа сейчас немало говорят и пишут. Сам вопрос возник не сегодня, он имеет уже достаточно долгую историю. Специфика добычи попутного газа заключается в том, что он (как и следует из названия) является побочным продуктом нефтедобычи. Потери попутного нефтяного газа связаны с неподготовленностью инфраструктуры для его сбора, подготовки, транспортировки и переработки, отсутствием потребителя. В этом случае попутный нефтяной газ просто сжигается факелом.

Возможны два направления его использования (исключая бесполезное сжигание факелом).

1. Энергетическое, т.е. производство электроэнергии.
2. Нефтехимическое.

Попутный нефтяной газ может быть переработан с получением сухого газа, подаваемого в систему магистральных трубопроводов, газового бензина, широкой фракции лёгких углеводородов и сжиженного газа для бытовых нужд.

В целом, история вопроса утилизации попутного нефтяного газа насчитывает не один десяток лет. Причин этому множество – потеря энергетического ресурса, шаткое состояние экологии, возможность дополнительного заработка. Кроме изначально технологического оснащения скважин направлено лишь на добычу нефти, отсутствие специальной маркетинговой политики приводит к тому, что попутный нефтяной газ просто не находит своего потребителя.

На месторождении “Амангельды Газ” в 2009 году была введена в эксплуатацию установка комплексной переработки газа УКПГ - 4,38, которая предназначена для утилизации и переработки факельного газа с получением пропан-бутановой смеси и товарного газа, тем самым улучшая экологическую обстановку на месторождении “Амангельды Газ”.

Установка применяется для переработки попутного газа месторождений с целью последующей транспортировки и использования его в качестве топлива для нагревательного оборудования промышленного и коммунально-бытового назначения.

В состав УКПГ - 4,38 входит следующее оборудование:

1. Блок предварительной очистки (сепарации), который обеспечивает отделение от газа капельной влаги, жидких углеводородов и механических примесей, сепараторы и фильтр-сепараторы.
2. Технологические установки очистки, осушки и охлаждения газа.
3. Дожимные компрессорные станции, которые обеспечивают рабочие параметры технологии промышленной обработки газа, поддерживают давление подачи газа в магистральном газопроводе. Располагаются перед или после установок технологической подготовки газа. Для снижения температуры компримированного газа после дожимной станции устанавливаются аппараты воздушного охлаждения.
4. Вспомогательные системы производственного назначения (операторная, площадки с установками средств связи, электро-, тепло- и водоснабжения, электрохимической защиты, пожаротушения, резервуарный парк хранения диэтиленгликоля или триэтиленгликоля и т.д.)

Установка комплексной переработки газа может быть использована:

- для подготовки газа при транспортировке по магистральному газопроводу;
- для подготовки газа и транспортирования его по собственным газовым магистралям;
- для подготовки газа при использовании его в качестве топлива коммунально-бытового назначения;
- для переработки газа при использовании его в качестве топлива промышленных энергетических установок: котельных и различных тепловых установок; газотурбинных установок выработки электроэнергии; газопоршневых установок выработки электроэнергии;
- для переработки сжиженного углеводородного газа при использовании его для коммунально-бытового назначения.

В зависимости от параметров (давления, температуры, производительности по газу и жидкости) и характеристик среды блочно-модульные установки газа основного технологического назначения могут иметь в своём составе следующие блоки, узлы или функциональные элементы:

- блок первичной сепарации газа предназначенный для сглаживания пульсации газожидкостной смеси, обеспечения работы установки в пробковом режиме, сбора и накопления жидкостной фракции, сепарации и очистки газа. В блоке первичной сепарации газа может быть предусмотрено оборудование по очистке потока от сернистых и меркаптановых соединений;
- узел дросселирования потока, предназначенный для снабжения давлением газового и жидкостного потоков;
- блок дожима и охлаждения низконапорного газа, предназначенный для увеличения давления газа и его охлаждения. В блок может входить компрессорное, струйное, холодильное, теплообменное и насосное оборудование;
- блок стабилизации среды, предназначенный для стабилизации газового и (или) жидкостного потоков после приведения их к иным параметрам по давлению и (или) температуре;
- блок сепарации газа предназначенный для окончательной очистки и подготовки газа к дальнейшему использованию;
- узел учёта, предназначенный для учёта, в т.ч. коммерческого газового и (или) жидкостного потоков;
- инженерные сети и система управления, предназначенные для снабжения и бесперебойной работы установки, а также управления технологическим процессом подготовки газа, контроля технического состояния оборудования, входящего в состав установки, автоматического измерения параметров газа.

В состав вспомогательного технологического оборудования УКПГ-4,38 входят:

- система факельная;
- установка подготовки воздуха КИП и А;
- система аварийного слива конденсата;
- парк товарной продукции;
- емкость для хранения инертного газа;
- система теплоснабжения.

Анализ работы установки комплексной переработки газа на месторождении показал, что в 2010 году было добыто 344,1 млн. куб. метров природного газа и 24,15 тыс. тонн конденсата, из них было переработано 330,4 млн. куб. метров природного газа и 22,10 тыс. тонн конденсата. В 2011 году было добыто 323,6 млн. куб. метров природного газа и 27,7 тыс. тонн газового конденсата, из них было переработано 318,2 млн. куб. метров природного газа и 24,9 тыс. тонн газового конденсата. На сегодняшний день на месторождении “Амангельды Газ” в 2012 году было добыто 335,5 млн. куб. метров природного газа и 28,5 тыс. тонн газового конденсата, из них было переработано 332,7 млн. куб. метров природного газа и 26,6 тыс. тонн газового конденсата.

Преимуществом технологии по сравнению с уже существующими является то, что при переработке углеводородных газов вырабатывается не только целевой жидкий продукт, которым в нашем случае является экологически чистое моторное топливо (высокооктановый бензин, метанол или ДМЭ), но и электроэнергия, используемая для собственных нужд. Суммарный коэффициент полезного использования топлива при этом достаточно высокий, что делает технологию экологически при-

влекательной. Если отечественная энергетика сжигает газ с КПД 37%, то здесь можно говорить о 80% и более.

Кроме того, валовой выброс CO<sub>2</sub> в 1,7,2 раза ниже, чем в газовой котельной, потребляющей тот же расход газа; концентрация оксидов азота ниже в 9 раз, валовой выброс NOx в 3-4 раза ниже, содержание CO ниже в 2 раза.

Необходимо учитывать и тот факт, что метан, как парниковый газ в 23 раза более опасен, чем диоксид углерода, и возможность промышленного использования таких загрязняющих атмосферу источников, как выбросы шахтного метана, попутных нефтяных газов и неиспользуемых газовых месторождений позволяет улучшить общую экологическую картину. При выдерживании технологического режима ведения процесса в герметичном оборудовании и строгом соблюдении правил эксплуатации установки загрязнение окружающей среды будет минимальным.

В целях исключения загрязнения воздушной среды вредными выбросами в период пуска и вывода установки на номинальный режим все газовые отдувки (сбросы) при срабатывании блокировок, а также сбросы от предохранительных клапанов должны направляться в камеру дожигания.

Результаты исследований показывают, что на территории месторождения "Амангельды Газ" поддерживаются нормальные санитарно-гигиенические нормы проживания населения. Благодаря применению этой технологии ПДК загрязняющих веществ уменьшилась на 5.7 %.

Внедрение на месторождении "Амангельды Газ" таких утилизации факельных газов, которые обычно сжигаются, и их подача обратно на производство для дальнейшего использования в технологическом процессе завода, приводит к экономии денежных средств и уменьшает выбросы вредных веществ, что в свою очередь приводит к улучшению экологической обстановки на месторождении в целом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Ахметов С.А.* Технология глубокой переработки нефти и газа. Уфа, Гилем, 2002. –672 с.
2. *Киссин В.А., Тюрина Л.А.* Глубокая подготовка попутного нефтяного газа для переработки в товарную продукцию // Наука и техника в газовой промышленности. 2008. – № 1. – С. 4-10.

Жапсарбай Н.Б.

**Газдың және УКПГ- 4,38 қондырғысының талғамының кешенді өңдеуінің қисыны Амангельды месторождения газ.**

**Түйіндеме.** Айтылмыш жұмыстың мақсатымен попутных газдың утилизации мәселесі арада бүтіндікте болып табылады, да ара нақты уақиғада, бас "Амангельды месторождения мысалында газ", қайда УКПГ- 438 газының, ара 2009 жылы в қанаушылыққа деген кіргіз- кешенді өңдеуінің қондырғысының талғамы ұялайтын. Айтылмыш жабдықтың техникo-технологическe мiнездeмecі, экономикалық көрсеткіштер, ал да сұрақтар бейнеленеді, күзет қоршаған орта қатысты, при газдың кешенді дайындығының қондырғысының игерушілігінде.

Жапсарбай Н.Б.

**Обоснование комплексной переработки газа и выбора установки УКПГ-4,38 на месторождении Амангельды Газ.**

**Резюме.** Целью данной работы является проблема утилизации попутных газов в целом, также в конкретном случае, на примере месторождения "Амангельды Газ", где обосновывается выбор установки комплексной переработки газа УКПГ-438, введенной в эксплуатацию в 2009 году. Описываются технико-технологические характеристики данного оборудования, экономические показатели, а также вопросы, касающиеся охраны окружающей среды, при использовании установки комплексной подготовки газа.

Zhapsarbay N.B.

**Justification integrated gas processing and select the setting Unit-4, 38 in the field Amangeldy Gas.**

**Summary.** The subject of this work is the problem of accompanying gas utilization in general and as the particular reflection of implementation of the gas utilization technology in Amangeldy oil field justifying implementation of Gas Processing Plant-4.38. This was brought to the exploitation in 2009. This paper also provides description of GPP-4.38 in terms of technical, economical and ecological points of view.

УДК 004.932 (574)

**Р.А. Сыдыков, А.К. Мамырова**

(Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева,  
г.Алматы, Республика Казахстан)

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ВИДЕО И АУДИО ФОРМАТОВ ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ВИДЕОКЛИПОВ НА WEB-СТРАНИЦЕ**

Современные информационные технологии 21 века невозможно представить без мультимедиа. Мультимедиа - это сумма технологий, позволяющих компьютеру вводить, обрабатывать, хранить, передавать и отображать (выводить) такие типы данных, как текст, графика, анимация, оцифрованные неподвижные изображения, видео, звук, речь [1,2].

Мультимедиа – взаимодействие визуальных и аудиоэффектов под управлением интерактивного программного обеспечения с использованием современных технических и программных средств, они объединяют текст, звук, графику, фото, видео в одном цифровом представлении[1,2].

Для разработок и использования мультимедиа необходимо четко знать, с какими видами видео и аудиоформаты можно работать в программных приложениях. Изучая видео и аудио-форматы, в первую очередь необходимо рассмотреть формат MPEG. История семейства форматов MPEG, к которому, собственно принадлежит и PDF created with FinePrint pdf стремительно набирающий в последнее время популярность формат MPEG-4, началась в 1988 году. Именно в этом году был основан комитет Moving Pictures Expert Group, что переводится примерно как "экспертная группа кинематографии" (движущихся изображений). Аббревиатура – MPEG известна теперь любому, кто имеет дело с мультимедиа-компьютерами или цифровым телевидением.

В этом же году была начата разработка формата MPEG-1, который в окончательном виде был выпущен в 1993 году. Но, кроме изображения, в практически любом видеофрагменте присутствует и звук.

Кодирование звука осуществляется отдельным звуковым кодером. По мере развития формата MPEG, звуковые кодеры неоднократно переделывались, становясь все эффективнее. К моменту окончательной стандартизации формата MPEG-1 были созданы три звуковых кодера этого семейства - MPEG-1 Layer I, Layer II и Layer 3 (знаменитый MP3).

В Windows для воспроизведения мультимедиа использовался Microsoft Windows Media Player. Но он не поддерживал воспроизведение новых форматов данных, в первую очередь семейство форматов MPEG. В новой программе Microsoft Windows Media Player 7 существенно расширился список поддерживаемых форматов. Кроме этого, программа совершенно не похожа на предшественниц и обладает рядом очень полезных особенностей. В частности, в Media Player 7 есть встроенная система true-bass, существенно улучшающая звучание низких частот и придающая композиции глубину, есть многополосный графический эквалайзер, плагины визуализации и даже скины, позволяющие совершенно изменить облик программы, чего в предыдущих версиях не было.

В последнее время на смену формату .AVI приходят новые форматы для хранения видео и звука. Это формат .WMV (Windows Media Video), который получает все большее распространение для хранения и передачи звуковой и видеоинформации в Интернет. Данные в этом формате воспроизводятся проигрывателем Windows Media. Начиная с версии Windows ME, в стандартную поставку входит программа Windows Movie Maker, которая позволяет производить простейшее редактирование видео и аудиоинформации и сохранить готовый клип в формате WMV.

В последнее время на смену формату .AVI приходят новые форматы для хранения видео и звука. Это формат .WMV (Windows Media Video), который получает все большее распространение для хранения и передачи звуковой и видеоинформации в Интернет. Данные в этом формате воспроизводятся проигрывателем Windows Media. Начиная с версии Windows ME, в стандартную поставку входит программа Windows Movie Maker, которая позволяет производить простейшее редактирование видео и аудиоинформации и сохранить готовый клип в формате .WMV. Степень сжатия и, следовательно, качество записи можно выбирать перед сохранением файла. Технология QuickTime (Macintosh) использует свой фирменный формат. Программа QuickTime предназначена для воспроизведения звука, анимации и видеофайлов на компьютере. Формат "MOVIE" представляет

собой контейнер с многочисленными «дорожками», каждая из которых содержит информацию о данных, связанных со временем.

В последнее время в Интернете часто встречаются данные в формате Real Audio (Real Video). RealAudio – это формат записи музыки в Интернет, а RealVideo – формат записи видео. Эти форматы используются для проигрывания на компьютере, подключенном к Интернету, аудио- и видеоклипов, причем они могут быть как записаны на сервере, так и передаваться напрямую с микрофона (камеры). Прием клипа осуществляется одновременно с его проигрыванием. В общем случае клип на жестком диске не сохраняется. Для проигрывания таких клипов есть программа RealPlayer. В Интернете можно послушать радиостанции, вещающие в формате RealAudio[3].

При создании видеоматериалов необходимо учитывать, что мы живем на континенте Евразия (хотя, может быть, кто-то и на другом), поэтому нужно следить, чтобы в настройках видеостандартов воспроизведения стоял стандарт PAL. Это необходимо делать из-за того, что именно на этот стандарт воспроизведения настроена вся техника.

Существует несколько категорий форматов видео: форматы записи видео и форматы сжатия и воспроизведения видео.

К форматам записи видео относятся:

**VHS** – аналоговое видео. Этот формат записи использовался на старых добрых видеокассетах. Думаю, многие ещё застали их.

**DV** (Digital Video). Этот видеоформат используется при цифровой записи, например, на MiniDV-камеры. Он имеет маленький коэффициент сжатия видеосигнала (5:1), характеризуется большим видеопотоком (объем памяти) и высоким качеством записи. Для просмотра полученного видео необходимо его обработать (сжать или конвертировать) на компьютере.

Если говорить о существующих стандартах сжатия, то можно выделить ряд основных форматы файлов. Их названия содержат аббревиатуру.

**MPEG** (Moving Pictures Expert Group) – международный комитет, занимающийся разработкой данного стандарта сжатия.

**MPEG-1** – сжатия для компакт-дисков (CD-ROM). Качество видео, как у обычного видеомagneтофона, разрешение 352x240, диск с фильмом в таком формате обычно обозначается VCD (VideoCD).

**MPEG-2** – для DVD, цифрового телевидения. В этом формате снимают видео DVD-, HDD-, Flash-камеры. На нем основываются некоторые другие современные форматы, о которых поговорим далее.

**MPEG-3** – в данное время уже не используется. Не путать с форматом сжатия звука MP3 (MPEG Audio Layer 3).

**MPEG-4** – этот формат часто называют просто MP4. Еще больше, чем MPEG-2, уменьшает видеопоток, но изображение получается приличного качества, поэтому формат поддерживает большинство современных DVD-плееров. Чтобы было проще понять разницу между этими форматами, сравните следующие цифры: видеозапись продолжительностью 1,5 часа в формате DV будет занимать примерно 20 Гб, в формате MPEG-2 – 4,7 Гб (объем DVD), а MPEG-4 – 700 Мб (объем CD).

**HD** (High Definition) – это новый формат съёмки и воспроизведения видео с высоким разрешением и особой четкостью изображения. Существует три разновидности: HD1 с разрешением 1280x720, HD2 – 1440x1080 и FullHD – 1920x1080, основанные на кодеке MPEG-2.

В последнее время большинство бытовых видеокамер пишут в формате HD. Качество полученного видео – высокое, но, чтобы в полной мере оценить его, необходимо смотреть данное видео на экране (мониторах) с большой диагональю и одноимённым классом HD.

Существуют и другие стандарты. К ним относятся:

**AVI** (Audio Video Interleave) – чередование аудио и видео. Представляет собой медиа-контейнер, в котором может быть что угодно, начиная от MPEG1 и заканчивая MPEG4.

**WMV** (Windows Media Video) – видео в этом формате предназначено для просмотра на программном обеспечении компании Microsoft.

**VCD** (Video CD) – стандарт для хранения данных на компакт-дисках. Формат VCD может быть воспроизведён на специальных VCD-проигрывателях, большинстве настольных DVD-плееров, ПК и

некоторых игровых консолях. Качество изображения сопоставимо с VHS, видео. Кодировается кодеком MPEG-1.

**SVCD** (Super Video CD) – этот формат был разработан как улучшение и расширение VCD.

**MKV** (Матрешка или Matroska) – тоже контейнер, который может содержать видео, аудио, субтитры, меню и пр. Имеет открытый код, пока не очень распространен, но очень перспективен.

Несколько слов о тех видеоформатах, которые используются в Интернете:

**FLV** (Flash Video) – формат видео для размещения и передачи в Интернете, используется такими площадками для размещения видеоклипов, как YouTube, RuTube, Google Video и др.

**SWF** (Shockwave Flash) – это расширение анимации созданной в программе Adobe Flash, а также видео в формате flash, проигрывается браузерами с помощью Flash Player. Флеш-ролики тоже широко распространены в Интернете. Значит, расширение FLV – это флеш-видео, а SWF – флеш-ролик.

**RM, RA, RAM** – расширения RealVideo формата от компании RealNetworks, который используется для телевизионной трансляции в Интернете. Имеет маленький размер файла и низкое качество, зато позволяет смотреть телевизионные каналы on-line.

**MOV** – Quick Time – формат хранения аудио и видео. Разработан фирмой Apple в конце 80-х годов, изначально предназначался для использования на компьютерах Macintosh, впоследствии был перенесен в операционную систему Microsoft Windows. Степень сжатия довольно велика, но качество получающегося фильма не очень высоко.

Расширения, которые касаются DVD записи:

**VOB** (Versioned Object Base) – это расширение контейнера, который может содержать несколько потоков видео (формата MPEG-2) и аудио, а также меню и субтитры фильма. Это основные файлы на DVD-диске с фильмом.

**IFO** – файлы на DVD-диске, содержащие информацию о фильме, меню, порядке запуска VOB-файлов, необходимую, например, DVD-проигрывателю, т.е. служебные файлы. Создаются в процессе конвертирования или записи DVD-диска.

**m2v, m2p** – расширения видео в формате MPEG-2, это промежуточный формат для создания VOB-файлов и записи DVD.

Видеоформаты для мобильных и портативных устройств:

**PMP** (Portable Multimedia Player) – Видео для портативных мультимедийных проигрывателей.

**3GP** (3rd Generation Phone) – видео и аудио для мобильных телефонов третьего поколения. Готовые видеоролики в формате 3gp имеют малый размер по сравнению с другими форматами видео, но, к сожалению, это негативно отражается на качестве изображения.

Основные форматы, которые годятся для работы в Интернете, это MPEG4, FLV и SWF, т.к. они занимают меньше всего места. Для того чтобы все форматы корректно отображались на компьютере, должны быть установлены кодеки (небольшие программы для обработки видео). Например, в наборе кодеков **K-Lite Codec Pack** присутствует все необходимое, включая универсальный аудио/видеопроигрыватель [4].

Проследив развитие аудио, видеофайлов, можно заметить, что в данной области предлагается для современного потребителя огромное количество программных обеспечений и очень сложно рекомендовать какой-либо видео-аудиоформат как окончательный вариант для использования, ибо информационные и компьютерные технологии каждые два-три года предлагают новые версии видео-аудио форматов с улучшенными свойствами для качественного представления изображения и звука.

Рассмотрим на примере использования воспроизведения аудио и видео на Web-странице. На Web-странице можно использовать много разных звуков и видеороликов, добавленных с помощью дескриптора <EMBED>. Все объекты мультимедиа, созданные таким способом, автоматически добавляются в стандартный массив embeds в том порядке, в каком дескрипторы <EMBED> следуют в коде HTML. К каждому из объектов можно обратиться по индексу в массиве embeds и вызвать для него метод воспроизведения, паузы или остановки.

Предположим, что на Web-странице используется семь звуковых файлов. Создадим кнопки для выборочного воспроизведения файлов, всех мелодий по циклу и кнопку случайного выбора.

Пусть наша Web-страница содержит набор командных кнопок. Кнопки верхнего ряда от До до Си воспроизводят отдельные звуковые файлы, хранящиеся в массиве `document.embeds`. Все очень просто: каждая кнопка обращается к своему элементу массива и вызывает для него метод `play`.

*Играть гамму* вызывает на выполнение функцию `play_scale`, определенную в сценарии в разделе заголовка. Функция последовательно вызывает на выполнение элементы массива `embeds` с индексами от 0 до `document.embeds.length - 1`. Казалось бы логичным для обращения к элементам массива воспользоваться циклом `for`: `for (note~0 ;note<document.embeds.length; note++) document.embeds [ note ]. play ()`, -Но вместо последовательного выполнения звуковых файлов получаются какофония звуков. Вызов следующего файла на воспроизведение будет происходить в цикле значительно быстрее, чем первый файл успеет завершиться. Чтобы выделить достаточно времени на исполнение каждого звукового клипа, необходимо воспользоваться методом `setTimeout`.

Кнопка, случайного выбора, воспроизводит один из звуковых файлов. Для случайного выбора элементов массива используется генератор случайных чисел `Math.floor(Math.random()*document.embeds.length)`, который возвращает целые числа в диапазоне от 0 до `document.embeds.length-1`. Для управления звуковыми файлами используем проигрыватель `LiveAudio`, который поддерживает воспроизведение файлов следующих форматов:

- AD – формат, разработанный компанией Sun для использования в программах на языке Java;
- AIFF – формат компьютеров Apple;
- WAV – широко распространенный формат Windows для записи звуков и речи;
- MIDI – стандартный формат для сохранения цифровой музыки.

Если на компьютере PC установлен микрофон и звукозаписывающее программное обеспечение, то можно записать комментарии в файлах формата WAV и добавить их на Web-страницу. Звуковые файлы обычно занимают много места, что существенно замедлит выгрузку Web-страницы по Интернету. В среднем 1 с звука в формате WAV занимает 22 Кбайт. Файл такого же размера в формате MIDI будет соответствовать нескольким минутам звукозаписи.

Отметим методы управления воспроизведением звука. Для взаимодействия с внедренным на Web-странице проигрывателем `LiveAudio` в JavaScript используются следующие методы: `play()` – запускает воспроизведение звукового файла; `pause()` – приостанавливает выполнение звукового файла, следующий вызов функции `play` продолжает воспроизведение с того места, где запись была остановлена; `stop()` – останавливает выполнение звукового файла, следующий вызов функции `play` начинает воспроизведение сначала.

Выполнение этих методов можно назначить любым событиям элементов Web-страницы. Так, в следующем примере создаем кнопки для управления скрытым проигрывателем `LiveAudio`:

```
<EMBED ID='sound' NAME='sound' src='bgsound.wav' HIDDEN AUTOSTART='false' >
</FORM>
<INPUT TYPE='button' VALUE='Воспроизвести'ONCLICK='sound.play();'>
<INPUT TYPE='button' VALUE='пауза' ONCLICK='sound.pause();'>
<INPUT TYPE='button' VALUE='Остановить' ONCLICK='sound.stop();'>
</FORM>
```

Данные методы могут быть присвоены любым другим событиям, например, щелчку на гиперссылке, открытию или закрытию документа и пр., что открывает перед пользователями неограниченные возможности по управлению звуковым сопровождением в ходе работы пользователя с Web-страницей.

Как происходит воспроизведение звуковых и видеоклипов на Web-странице? В языке JavaScript нет никаких функций для непосредственного контроля за воспроизведением аудио- или видеофайлов, но предусмотрены функции управления стандартными проигрывателями мультимедиа. С помощью сценариев можно настроить требуемым образом работу проигрывателей, встроенных в приложение обозревателя.

Возможности обозревателя можно расширить за счет установки на компьютере дополнительной программы (плагина). Например, для просмотра файлов в формате PDF используется `Acrobat Reader`, а для воспроизведения звуковых файлов – `LiveAudio`. Указанные программы настолько широко распространены, что многие считают их обязательными составными частями обозревателей. На самом деле это не так, в результате чего объекты мультимедиа, добавленные вами на Web-страницу, могут оказаться недоступными для некоторых пользователей.

Для внедрения проигрывателей и файлов мультимедиа в документ HTML применяется дескриптор <EMBED>. Обозреватель различает формат внедренного файла и добавляет на страницу элементы управления, необходимые для контроля за воспроизведением файла данного формата. В дескрипторе <EMBED> устанавливаются следующие атрибуты:

- SRC – имя файла и путь к файлу мультимедиа, или URL-адрес;
- HIDDEN – если этот атрибут установлен, элементы управления воспроизведением файла скрыты;
- WIDTH – ширина рамки для элементов управления воспроизведением файла;
- HEIGHT – высота рамки для элементов управления воспроизведением файла;
- ALIGN – параметры выравнивания рамки с элементами управления в окне обозревателя:
- right – вправо;
- center – по центру;
- AUTOSTART – устанавливает автоматическое воспроизведение файла при открытии Web-страницы;
- LOOP – устанавливает режим воспроизведения по циклу.

Атрибут HIDDEN устанавливается обычно при внедрении аудиофайла для фонового сопровождения. Например, если необходимо добавить звуковое сопровождение из файла background.mid, которое будет воспроизводиться автоматически сразу после загрузки Web-страницы, то надо ввести в разделе <BODY> следующий дескриптор:

```
<EMBED src='background.mid' HIDDEN=TRUE> .
```

### ЛИТЕРАТУРА

1. Мамырова А.К., Сыдыков Р.А. Мультимедиа-приложения и программные средства их разработки. Материалы международной научно-практической конференции «Информационные и телекоммуникационные технологии: образование, наука, практика», посвященной 50-летию Института информационных и телекоммуникационных технологий. Алматы, Казахстан, 5-6 декабрь, 2012, II том.
2. <http://www.ido.tsu.ru>.
3. <http://www.wikipedia.org>
4. В. И. Берестова, Е. В. Ларина. Какими бывают мультимедиа-приложения и средства их разработки. - <http://www.top-personal.ru>
5. <http://www.butenko.biz>

Сыдыков Р.А., Мамырова А.К.

**Web бетте бейнеклиптерді ойнату үшін қазіргі уақыттағы бейне және дыбыстық форматтағы файлдарды қолдану.**

**Түйіндемe.** Аудио- видео файлдармен жұмыс жасау үшін бағдарлама жиынтығымен стандарттар келтірілген. Веб бетінде дыбыстық және видеоклип файлдарының қосылуы әдістемедe көрсетілген және бұл интернет-технология (HTML, JavaScript, PHP т.б) негізделген. Мысалы, дыбыстық файлды қосу үшін қосымша бағдарламаларды орнату арқылы мультимедиалық ойнатқыш мүмкіндігін кеңейту керек.

Сыдыков Р. А., Мамырова А.К.

**Использование современных видео и аудио форматов для воспроизведения видеоклипов на Web-странице.**

**Резюме.** Приведен обзор программ и стандартов для работы с файлами аудио- видео форматов. Представлена методика воспроизведения звука и видеоклипа на веб-странице, которая основана на интернет-технологии (HTML, JavaScript) и стандартов аудио - видео файлов. На примере воспроизведения звуковых файлов предлагаются расширить возможности обозревателя мультимедиа за счет установки дополнительных программ.

УДК 622:001.12/.18

**Б.А. Абдисаев**

(Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева,  
г.Алматы, Республика Казахстан)

## **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМНЫЕ ЗАДАЧИ КАДАСТРОВОГО УЧЕТА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ**

Минерально-сырьевые ресурсы как совокупность полезных ископаемых, выявленных в недрах земли в результате геологоразведочных работ и доступных для промышленного использования, являются невозобновляемыми видами природных ресурсов. Минеральные ресурсы являются минерально-сырьевой базой промышленного потенциала, обеспечивают экономическую и оборонную безопасность любой страны. Среди глобальных проблем, которые обостряются в современном мире, помимо экологической, энергетической, демографической и продовольственной, большое место занимает также проблема минеральных сырьевых ресурсов.

Анализ научно-исследовательских работ позволяет заключить, что для успешной реализации и рационального использования минерально-сырьевых ресурсов необходимо:

- экономно использовать добываемое сырье, уменьшать его потери при добыче и транспортировке;
- осуществлять добычу полезных ископаемых с минимальным ущербом для окружающей среды, а из добытого сырья извлекать все возможные полезные компоненты;
- рекультивировать природную среду, нарушенную в процессе деятельности горнодобывающей и перерабатывающей промышленности;
- использовать малоотходные сырьевые ресурсы;
- использовать попутно извлекаемые компоненты технологии добычи и переработки минерального сырья на основе комплексного его использования;
- внедрять инновационные технологии по использованию отходов в качестве минеральных материалов.

Важными являются перспективные разработки по:

- обеспечению технического перевооружения горнодобывающей отрасли;
- развитию информационной системы в сфере добычи минерально-сырьевых ресурсов и геологоразведочных работ, включая их мониторинг.

В большинстве случаев благосостояние народов и стран, их экономическая и социально-политическая независимость, а также геополитическое положение в мировом сообществе определяются богатством недр соответствующих регионов. Конечно, при этом не последнюю роль играет наличие комплекса технических средств и технологий, необходимых для более выгодного освоения и применения имеющихся минеральных ресурсов. Вместе с тем требуется создавать и внедрять в практику принципиально новые технологии освоения месторождений полезных ископаемых, включая физико-химические технологии, скважинные технологии, подземное выщелачивание и др. [1].

Некоторые аспекты освоения минеральных ресурсов по настоящее время остаются нерешенными: во-первых, все виды минерального сырья характеризуются неравномерным территориальным распределением, что обусловлено различной специализацией отдельных геологических структур; во-вторых, повышение детальной изученности и опосредованности территорий большинства стран приводит к уменьшению перспектив открытия новых месторождений; в-третьих, по мере вовлечения в отработку месторождений в сложных условиях объективно происходит удорожание как геологоразведочных работ, так и добычи минерального сырья; в-четвертых, полезные ископаемые относятся к невозобновляемым природным ресурсам, в силу чего являются конечными.

Неравномерность распределения природных ресурсов по регионам, резкое сокращение их запасов из-за их интенсивной отработки, а также постепенное исчерпание перспектив открытия новых месторождений, залегающих в благоприятных горно-геологических условиях, с одной стороны, и закономерно возрастающая потребность мирового сообщества в различных полезных ископаемых – с другой так или иначе ведут к формированию общемировой минерально-сырьевой базы. В связи с этим следует

отметить, что в период плановой экономики кадастровая деятельность была построена по ведомственному принципу и главная ее функция была учетной. В современных условиях кадастр природных ресурсов наряду с информационной базой приобретает функции фискальные и экономические. По своему характеру и содержанию кадастр - это совокупность научно обоснованных и достоверных данных о количественном и качественном составе каждого природного объекта, о его составных частях, субъектах прав на них (собственников, владельцев, пользователей, арендаторов). Указанные данные ежегодно пополняются в зависимости от изменений в том или ином ресурсе [2].

Кадастр природных ресурсов затруднен по следующим основным причинам:

- кадастры природных ресурсов построены по ведомственному принципу, соответственно, и методики их построения носят отраслевой характер;
- использование информации, содержащейся в кадастрах, затруднительно в связи с закрытостью сведений, а также труднодоступностью технического характера;
- показатели, позволяющие оценить социально-экономическую эффективность использования природно-ресурсного потенциала на конкретной территории, в отраслевых кадастрах либо отсутствуют, либо представлены незначительно;
- в существующих кадастрах природных ресурсов отсутствует или слабо выражен экологический аспект;
- показатели кадастров с точки зрения количественных и качественных оценок несопоставимы из-за ярко выраженной методической несогласованности их построения.

На основе кадастра минеральных ресурсов был разработан экономический кадастр промышленных месторождений цветных металлов и отраслевая методика кадастрового учета отходов предприятий цветной металлургии. Каждый из кадастров должен представлять собой построенный по единой методологии унифицированный документ, который объединяет следующие элементы: табличный или паспортный свод системной и регулярно корректируемой информации об источниках минерального сырья; инструктивные документы по заполнению и ведению кадастра; комплекс задач по рациональному использованию минеральных ресурсов на базе кадастровой информации.

Нами обобщены и типологизированы система сведений и показателей кадастра, включающие географо-геологический, горнотехнологический, эколого-экономический кадастр а, также кадастр вторичных минеральных ресурсов, которые должны быть составлены по единым принципам и с учетом экономики промышленных месторождений. Они должны сформировать единую информационную базу.

Кадастр вторичных минеральных ресурсов предназначен для обоснования проектирования и строительства мощностей по применению техногенных ресурсов, прогнозирования рационального использования накопленных и вновь образуемых отходов горно-промышленного производства. Объектом кадастрового учета является одно или несколько однотипных по составу хранилищ вторичных минеральных ресурсов одного производственного цикла, которое сформировалось в результате освоения конкретного месторождения определенным горно-промышленным предприятием, а также текущие отходы производства добычи и переработки минерального сырья. Типовая форма кадастрового учета техногенных ресурсов представляет собой табличный свод сведений, периодически корректируемых и приведенных в сопоставимый вид. В форме учета сочетаются геолого-географические, горнотехнологические, технико-экономические и экологические данные о вторичных минеральных ресурсах. Учет и оценка в кадастре опираются на объективные данные первичной документации, ведущейся на предприятии, формы статической отчетности, а также данные проектных и научно-исследовательских разработок соответствующих подотраслевых институтов. Для рационального и обоснованного варианта освоения того или иного объекта вторичных минеральных ресурсов в условиях многокритериального выбора и различной степени информационной обеспеченности необходим системный анализ оценочных показателей. В качестве синтезирующих критериальных показателей оценки целесообразно применять экономические показатели, определяемые на основе кадастровых показателей. Кадастр вторичных минеральных ресурсов составляется с учетом последующего его ведения на отраслевом уровне с помощью автоматизированной информационной системы. Системная обработка информации, содержащейся в кадастре, осуществляется в дальнейшем на отраслевом и межотраслевом уровне, на ее основе возможно решение разных задач, связанных с проблемами утилизации отходов. На основании показателей кадастра можно делать выводы о величине экономических выгод или убытков, возникающих при утилизации отходов, о пригодности отходов к переработке в определенные продукты, об экологическом воздействии их на окружающую среду, об эколого-экономической эффективности их использования по

системе показателей кадастра вторичных минеральных ресурсов, составленном в территориальном разрезе. При таком подходе система показателей по учету и оценке вторичных минеральных ресурсов является подсистемой более крупной системы показателей. Следует отметить, что кадастр вторичных минеральных ресурсов как инструмент рационального недропользования сможет способствовать привлечению инвестиций в минерально-сырьевой комплекс [3].

Кадастровый учет – это ряд действий, которые производит специально уполномоченный орган для внесения сведений об объекте в государственный кадастр. Эти сведения свидетельствуют о существовании объекта. На основании этих сведений выдается кадастровый паспорт. Кадастровый учет производится для недвижимого имущества, объектов незавершенного строительства и земельных участков. Кадастровый учет предполагает создание кадастрового плана для участка. Кадастровый план земельного участка представляет собой карту, содержащую данные о границах, представленную в графическом и текстовом виде. Кадастровый план земельного участка состоит из пяти разделов. Первый раздел содержит общие данные по земельному участку: название органа, который отвечает за кадастровый земельный учет; дата оформления; регистрационный номер кадастрового плана; номер земельного участка; местоположение; ориентировочная площадь и площадь с учетом межевания; данные о правах на земельный участок; границы участка; цель кадастра. Второй содержит информацию о границах земельного участка в виде плана или схемы, в графическом виде. В третьем - описание границ земельного участка: информация о границах земельного участка и о смежных участках. В четвертом - информация о частях земельного участка. В пятом - план границ части земельного участка.

Постановка на кадастровый учет земельного участка осуществляется на основании решения об осуществлении кадастрового учета, принимаемого уполномоченным должностным лицом органа кадастрового учета. Государственным кадастровым учетом недвижимого имущества признаются действия уполномоченного органа по внесению в государственный кадастр недвижимости сведений о недвижимом имуществе, которые подтверждают существование такого недвижимого имущества с характеристиками, позволяющими определить такое недвижимое имущество в качестве индивидуально-определенной вещи (уникальные характеристики объекта недвижимости).

Кадастровый учет осуществляется в связи с образованием или созданием объекта недвижимости (далее - постановка на учет объекта недвижимости), прекращением его существования (далее - снятие с учета объекта недвижимости) либо изменением уникальных характеристик объекта недвижимости или любых иных дополнительных сведений об объекте недвижимости. Кадастровый учет осуществляется по месту нахождения объекта недвижимости в кадастровом округе, в границах которого расположен данный объект недвижимости.

Кадастровый учет в связи с изменением площади земельного участка и (или) изменением описания местоположения его границ, осуществляется при условии, если такие изменения связаны с уточнением описания местоположения границ земельного участка кадастровые сведения о котором не соответствуют установленным на основании закона требованиям к описанию местоположения границ земельных участков. При кадастровом учете в связи с уточнением части границ земельного участка, которая одновременно является частью границ другого земельного участка (далее - смежный земельный участок), орган кадастрового учета одновременно вносит соответствующие изменения во внесенные в государственный кадастр недвижимости сведения о местоположении границ такого смежного земельного участка.

При кадастровом учете в связи с уточнением границ земельного участка орган кадастрового учета принимает решение об отказе в осуществлении данного кадастрового учета также в случае, если: в результате данного кадастрового учета площадь этого земельного участка, определенная с учетом установленных в соответствии с настоящим требований, будет больше площади, сведения о которой относительно этого земельного участка содержатся в государственном кадастре недвижимости, на величину более чем предельный минимальный размер земельного участка, установленный в соответствии с земельным законодательством для земель соответствующего целевого назначения и разрешенного использования, или, если такой размер не установлен, на величину более чем десять процентов площади, сведения о которой относительно этого земельного участка содержатся в государственном кадастре недвижимости [4].

Кадастровые системы – эта государственная система учета, классификации и оценки земель на основе топографической съемки границ участков собственности и ведения реестра участков и их владельцев. Целью централизованного ведения государственного земельного кадастра является обеспечение рационального использования и охраны земель, защита прав собственников земли, землевла-

дельцев, землепользователей и арендаторов, создание объективной основы для установления нормативной цены, земельного налога и арендной платы. Во многих зарубежных странах обеспечивается специальной регистрационной системой – земельным кадастром, в том числе официально поддерживаемой государством системой юридической регистрации прав собственности на землю. Кадастр служит механизмом формирования общественного самоуправления, гарантом прав собственников и организации государственного и местного налогообложения недвижимости. Кадастр, или информационная кадастровая система являются также средством общественного контроля, территориального планирования и управления.

Существует три основных типа системы кадастров:

- 1) правовой кадастр – это запись прав на объекты недвижимости;
- 2) фискальный кадастр – запись стоимости объектов недвижимости и информации, необходимой для налогообложения;
- 3) многоцелевой кадастр – объединение правовой и фискальной систем с информацией по планированию и землепользованию.

Регистрационная подсистема земельного кадастра формируется для гарантирования прав землепользователей, является нужным условием создания рынка недвижимости и любых инвестиций. Фискальная подсистема земельного кадастра ведаёт земельными налогами, арендной платой, денежными поступлениями от всех операций, проводимых с землей. Фискальный кадастр подразумевает прогноз, контроль и исчисление поступлений от земельного налога и от арендных платежей. Одной из задач фискального кадастра является определение базы налогообложения. В качестве товара на рынке недвижимости выступают права на объекты недвижимости, поэтому для его функционирования нужно недвижимость оформить юридически. Это значит, что на каждый объект недвижимости необходимо создать кадастровое дело с последующей государственной регистрацией прав на недвижимое имущество.

Создание и расширение минерально-сырьевой базы является одной из основных предпосылок успешного роста экономики любой страны, как на этапе индустриального становления, так и в период инновационного развития. То есть минерально-сырьевые ресурсы являются источником экономического процветания и прогресса для многих стран мира. Наглядным примером этого постулата служит современная история Республики Казахстан. Получив после провозглашения политической независимости в полную собственность мощную минерально-сырьевую базу, созданную ранее на базе целенаправленной государственной политики по изучению геологического строения территории и ее полезных ископаемых, наша страна смогла за короткий срок достичь экономической независимости и получить значительные валютные средства для развития других отраслей промышленности и повышения благосостояния населения. По количеству и разнообразию минерально-сырьевых ресурсов Казахстан занимает одно из ведущих мест в мире. Казахстан вошел в число самых богатых минеральными ресурсами стран, запасов которых хватит более чем на 100 лет. На базе разведанных запасов созданы мощная нефтегазодобывающая, урановая и угольная промышленность, промышленность по добыче и переработке руд черных, цветных и благородных металлов, различных видов неметаллических полезных ископаемых. В горно-металлургическом комплексе насчитывается более 200 горнодобывающих и перерабатывающих предприятий, сбыт товарной продукции которых в настоящее время осуществляется в европейские страны, США, Китай, Южную Корею, Сингапур, Малайзию и др. [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Белов А.К., Васильцова В.М. Кластерный подход к инновационному развитию минерально-сырьевого комплекса // Записки Горного института – СПб, 2011. Т. 191. –С. 93-98.
- 2 Оганесян Л.В. Минерально-сырьевые ресурсы и экономическое развитие // Изв. секции наук о Земле РАЕН. 1999. Вып. 2. –С. 5–11.
- 3 Козловский Е.А. Минерально-сырьевые проблемы национальной безопасности России. М.: МГГУ, 1997. –210 с.
- 4 Куркаев И. С. Особенности процессов инвестирования минерально-сырьевого комплекса Республики Казахстан // Транзитная экономика. 2002. №4-5. С. 77-82.
- 5 Каримова З., Умирбаева Э. Минеральные ресурсы Казахстана и мира // Экономика и статистика. 2002. №2. –С. 40-48.

Абдисаев Б.А.

**Минералды-шикізат қорының кадастр есебінің қазіргі мақсат мәселелері.**

Осы мақалада минералды-шикізаттық қорлардың қазіргі заманғы тіркеу проблемалары, сонымен бірге минералды-шикізаттың қорларды кадастрлік тіркеу қажеттігі мен маңыздылығы себептері негізделген және оларды тиімді пайдалану бойынша шешімдер беруі мүмкін, ұсыныстары берілген.

Абдисаев Б.А.

**Современные проблемные задачи кадастрового учета минерально-сырьевых ресурсов.**

Рассмотрены современные проблемы кадастрового учета минерально-сырьевых ресурсов, а также обоснованы причины важности и необходимости кадастрового учета минерально-сырьевых ресурсов и даны рекомендации, которые могли бы дать возможные решения по их рациональному использованию.

Abdisaev B.A.

**Modern problem tasks of the cadastral accounting of mineral raw material resources.**

In this article modern problems of the cadastral account mineral syrevy resources are considered, and also the reasons of importance and need of the cadastral account mineral syrevy resources are proved and recommendations which could give possible decisions on their rational use are made.

УДК 628.517.2:669

**Шевцова В.С., Калдыбаева С.Т., Акубаева Д.М.**

(Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева,  
г.Алматы, Республика Казахстан)

**ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕМПИРУЮЩИХ СПЛАВОВ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

В настоящее время известно множество научных работ в области исследования уровня звукового давления (УЗД) при комнатных температурах. Однако исследований демпфирующих свойств металлических материалов и сплавов при повышенных температурах практически нет. Поэтому целесообразно исследовать стандартные стали, а также легированные сплавы при комнатной (20 °С), повышенных (500 °С и 900 °С) температурах, а также после нормализации.

Для проведения исследований использовали устройство для исследования соударения моделей «пуансона» и «матрицы» (рисунок 1).

**Рис. 1.** Устройство для исследования соударения моделей «пуансона» и «матрицы»

1 – образец; 2 – ударник; 3 – наконечник ударника; 4 – отверстие для фиксатора в ударнике;

5 – корпус; 6 – ребра жесткости;

7 – отверстия для фиксатора в корпусе;

8 – шумомер «Октава-101А»; 9 – лабораторная электропечь «СНОЛ-1625»; 10 – микрофон;

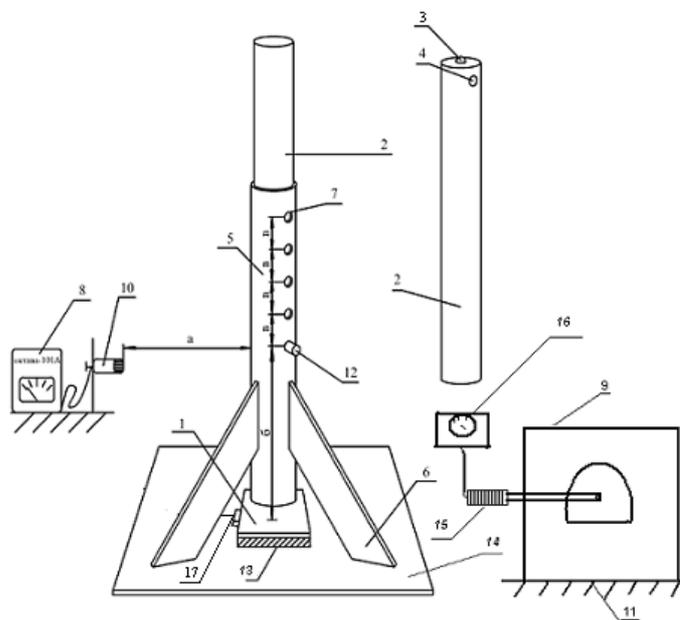
11 – асбестовый коврик; 12 – фиксатор;

13 – виброизолирующий коврик; 14 – основание; 15 – цифровой малогабаритный термометр ТЦМ 9210М164 с;

16 – термопреобразователь ТТЦ 06-130 датчик для определения температуры;

а – расстояние от микрофона до корпуса;

б – высота падения ударника; в – расстояние



Устройство для исследования соударения моделей «пуансон» – «матрица» состоит из основания 14, на котором установлены три ребра жесткости 6, крепящиеся к основанию 14 и к корпусу 5. Внутри корпуса 5 находится ударник 2, имеющий цилиндрическую форму и напоминающий пуансон. В корпусе 5 имеются пять отверстий диаметром 7 мм.

В эти отверстия вставляется фиксатор 12, который фиксирует ударник на определенной высоте. В ударнике имеется одно отверстие, для установки фиксатора 12; в ударнике 2 имеется приваренный шар 3 из шарикоподшипниковой стали ШХ-15. Образец для исследования 1 располагается под корпусом 5. Между образцом 1 и основанием 14 имеется виброизолирующий слой 13. Рядом с устройством находится микрофон 10 шумомера «Октава-101А». Микрофон крепится на штативе, поэтому имеется возможность изменять расстояние от микрофона до места соударения. В электропечь «СНОЛ-1625» вставляется термомпара 15, соединенная с датчиком для определения температуры 16.

Устройство работает следующим образом. Ударник 2 устанавливается внутри корпуса 5 и фиксируется фиксатором 12. Образец 1, после нагрева до 900 °С и выдержки 0,5 часа в электропечи «СНОЛ-1625» 9 устанавливается под корпусом 5 на виброизолирующий коврик 13. Фиксатор 12 вынимается из отверстия 7 обеспечивает свободное падение ударника 2. Ударник 2 соударяется с образцом 1 при заданной температуре, создает шум соударения, фиксируемый шумомером «Октава-101А». Для повторного соударения ударник 2 поднимается на определенную высоту (110, 130, 150, 170 и 193 мм) и фиксируется фиксатором 12.

Из-за быстрого падения температуры образца возникает необходимость эффективно обеспечить многократное проведение экспериментов. Для этого используется зажим-фиксатор 17, позволяющий быстро поместить образец в печь, довести до необходимой температуры и вновь зафиксировать его на основании установки. Для обеспечения чистоты эксперимента образец всегда фиксируется в одном положении.

Анализируя полученные данные, можно сделать следующие выводы. При повышении температуры до 500 °С уровни звукового давления сплавов ШВС-1, ШВС-2 и ШВС-3 на низких частотах (63-500 Гц) уровни звукового давления при 500 °С после соударения у сплавов ШВС-1, ШВС-2 и ШВС-3 на частоте 250 Гц наблюдается пик по причине структурного резонанса.

На высоких частотах (1000-16000 Гц) УЗД демпфирующих сплавов имеют следующие значения:

- линейное повышение УЗД с ростом частоты наблюдается у сплава ШВС-1 с 51 до 61 дБ;
- у сплава ШВС-2 на частоте 4000 Гц имеется небольшой пик (58 дБ);
- УЗД сплава ШВС-3 имеет значительный пик на частоте 8000 Гц из-за большого содержания в химическом составе углерода (0,28 % С), который замедляет движение дислокаций.

При дальнейшем повышении температуры до 900 °С на низких частотах (63-500 Гц) УЗД демпфирующих сплавов на частоте 250 Гц имеют пики, связанными со структурными резонансами.

На высоких частотах УЗД имеет пики – у сплава ШВС-2 на частоте 4000 Гц (55 дБ), у сплава ШВС-3 на частоте 8000 Гц (60 дБ), зависящие от высокого содержания углерода. УЗД сплава ШВС-2 при повышении частоты почти не меняется.

УЗД сплавов ШВС-1, ШВС-21 и ШВС-3 при 900°С в октавных полосах частот значительно ниже, чем при комнатной температуре и отличаются на 15-25 дБ.

Также можно выделить характерные черты изменения УЗД стандартных сталей 08Х13, 12Х13, 20Х13 и новых сплавов ШВС-1, ШВС-2 и ШВС-3 при разных температурах:

- на частоте 250 Гц почти у всех сплавов в независимости от температуры можно наблюдать пики, природу которых можно объяснить теоретическими положениями Дж. Д. Вебба, являющимися основой «закона масс», когда амплитуда колебаний пластины обратно пропорциональна собственной массе и, следовательно, амплитуда звуковых волн, излучаемых в пространство, также обратно пропорциональна массе пластины;

- при температуре 20 °С на высоких частотах (1000-16000 Гц) характеру кривых возможен подбор эмпирической формулы вида:

$$y = \frac{x}{a + bx} + c,$$

которая имеет вид гиперболы с асимптотами, параллельными оси абсцисс;

- при повышенной температуре, равной 500 °С УЗД сплава ШВС-2 имеет более пониженные значения, и составляет 44-58 дБ, что на 1-8 дБ ниже, чем УЗД остальных сплавов.

- при дальнейшем повышении температуры до 900 °С у стандартных сталей 08X13, 20X13 на низких частотах (63-500 Гц) наблюдается значительный разброс опытных данных уровней звукового давления с пиком на частоте 250 Гц, у стали 12X13 – линейное понижение УЗД с ростом частот; на высоких частотах (1000-16000 Гц) пики у стали 08X13 – на частоте 2000 Гц (59 дБ), у 12X13 – на частоте 4000 Гц (57 дБ), у 20X13 – на частоте 8000 Гц (66 дБ);

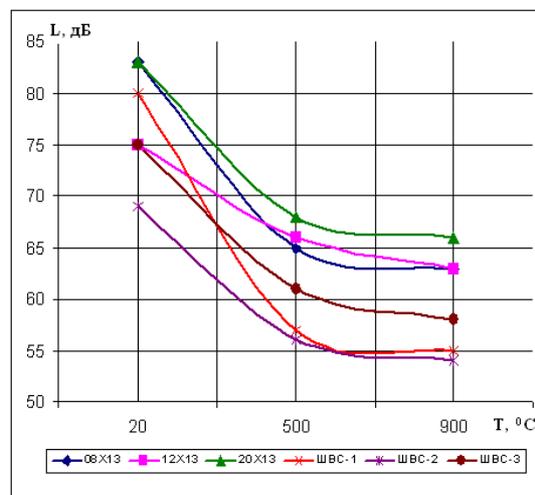
- у демпфирующих сплавов ШВС-1, ШВС-2 и ШВС-3 при повышении температуры до 900 °С характер кривых по сравнению со стандартными сталями почти не меняется, хотя снижение УЗД составляет 2-9 дБ, что имеет большое значение для борьбы с шумом ударного происхождения.

Уровни звука измерялись по шкале «А», фильтр которой фиксирует акустические характеристики шума, наиболее приближенного к человеческому уху, так как человек плохо слышит на низких и высоких частотах. Как и уровни звукового давления, уровень звука нормируется во всем мире.

Данные исследований уровней звука представлены в таблице 1 и на рисунке 2.

**Таблица 2. Уровни звука стандартных сталей 08X13, 12X13, 20X13 и новых сплавов ШВС-1, ШВС-2 и ШВС-3 при разных температурах**

Марка сплава (стали)	УЗ, дБА при температуре, °С		
	20	500	900
08X13	83	66	63
12X13	75	64	63
20X13	83	65	66
ШВС-1	80	59	55
ШВС-2	69	56	54
ШВС-3	75	61	58



**Рис. 2. Уровень звука сплавов при разных температурах**

Уровни звука по шкале «А» при разных температурах имеют следующие значения:

- УЗ стандартных сталей 08X13, 12X13, 20X13 понижается на 8-30дБА;

- УЗ новых сплавов ШВС-1, ШВС-2, ШВС-3 понижается на 15-25 дБА;

- УЗ новых сплавов ШВС-1, ШВС-2, ШВС-3 на 8-9 дБА ниже УЗ стандартных сталей 08X13, 12X13, 20X13, что характеризует диссипативные свойства демпфирующих сплавов, которые могут применяться для улучшения условий труда работающих на шумных производствах.

Повышение температуры соударяющихся деталей из коррозионно-стойких сталей до 900 °С обеспечивает повышение демпфирующих свойств за счет перераспределения дислокаций, их разблокировки, уменьшения плотности а, следовательно, увеличения длины дислокационных сегментов, способных к движению, и снижает уровень шума на 8-30 дБА.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кожсахан А.К., Шевцова В.С., Заликанова И.П.* Разработка демпфирующих металлических материалов для бурильных машин // Труды Международной научно-практической конференции «Горные науки РК – итоги и перспективы». Алматы, 2004. – С. 211-214.

2. *Акубаева Д.М., Шевцова В.С., Тохтыбакиев У.* Снижение шума за счет демпфирующих сплавов // Труды Международной конференции «Инженерное образование и наука в XXI веке». Алматы, 2004.

Шевцова В.С., Калдыбаева С.Т., Акубаева Д.М.

**Жоғары температураларда дмпферлік қорытпалардың акустикалық қасиеттерін зерттеу.**

**Түйіндеме.** Соқкылы әсердегі өндірістік шу әрқашанда қауіпті және зиянды өндірістік факторлардың бірі болып саналады. Олармен күресудің әдісі, жұмыскерлерді ұжымдық қорғауға арналған шуы аз демпферлік қорытпалардан жасалған жабдықтарды пайдалану болып табылады. Мақалада жоғары температурада демпферлік материалдардың акустикалық қасиеттері қарастырылған.

Шевцова В.С., Калдыбаева С.Т., Акубаева Д.М.

**Исследование акустических свойств демпфирующих сплавов при повышенных температурах.**

**Резюме.** Производственный шум ударного происхождения всегда был опасным и вредным производственным фактором. Одним из способов борьбы с ним является использование малошумящих демпфирующих сплавов оборудования для коллективной защиты работающих. В статье рассматриваются акустические исследования демпфирующих материалов при повышенных температурах.

Shevtsova V., Kaldybayeva S., Akubayeva D.

**Research of acoustic damping properties of damping alloys at elevated temperatures.**

**Summary.** Industrial noise impact origin was always dangerous and harmful factors. One way to deal with it is to use a low-noise damping alloy equipment for the collective defense of workers. The article deals with acoustic studies damping materials at elevated temperatures.

УДК 628

**Д.М. Ескендинова, Б.Т. Сейдахметов**

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В  
РАСПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются основы создания искусственных нейронных сетей, которые прочно вошли в нашу жизнь и в настоящее время широко используются при решении самых разных задач и активно применяются там, где обычные алгоритмические решения оказываются неэффективными или вовсе невозможными.

Интеллектуальные системы на основе искусственных нейронных сетей (ИНС) позволяют с успехом решать проблемы распознавания образов, выполнения прогнозов, оптимизации, ассоциативной памяти и управления. Известны и иные, более традиционные подходы к решению этих проблем, однако они не обладают необходимой гибкостью за пределами ограниченных условий. ИНС дают многообещающие альтернативные решения, и многие приложения выигрывают от их использования.

Одной из наиболее сложных и актуальных проблем обработки видеоизображений, представленных последовательностью оцифрованных кадров, является проблема выделения и распознавания движущихся объектов в условиях действия различного рода помех и возмущений. Для этого должны быть решены задачи выделения изображений движущихся объектов на сложном зашумленном фоне, фильтрации помех, скоростной фильтрации, отделения объектов от фона, оценки скорости каждого объекта, его идентификации и сопровождения. Системы обработки видеоизображений, построенные с применением нейросетевых методов, представляют собой, как правило, программно-аппаратные комплексы на персональных компьютерах, позволяющие работать с данными телевизионной системы в реальном времени (не менее 25 кадров/с, 320x200 пикселей).

Распознавание выделенных силуэтов производится на самоорганизующейся нейронной сети, предварительно обученной на изображениях объектов рассматриваемых классов. Обеспечивается инвариантность к произвольному движению фона, устойчивость к зашумлению до 10%. Вероятность правильного распознавания – не менее 90%.

Нейронно-сетевой подход в обработке информации имеет следующие преимущества:

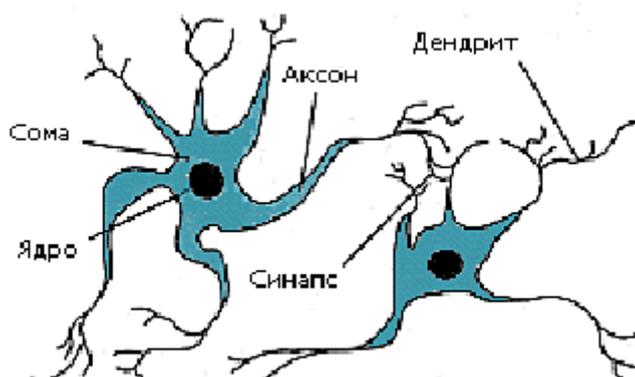
- параллелизм обработки информации;
- единый и эффективный принцип обучения;
- надежность функционирования;
- способность решать неформализованные задачи.

Искусственные нейронные сети строятся на основе свойств, присущих человеческому мозгу - это обучение на основе опыта, обобщение, извлечение существенных данных из избыточной информации[1].

Первые искусственные нейронные сети были созданы в 50-х годах прошлого века. Но рассчитывать на значительные успехи не приходилось, так как на тот момент недостаточно была развита математическая теория НС.

С 70-х годов в научных журналах стали появляться публикации, касающиеся искусственных нейронных сетей. Постепенно был сформирован хороший теоретический фундамент, на основе которого сегодня создается большинство сетей. В последние два десятилетия разработанная теория стала активно применяться для решения прикладных задач.

Схема его действия достаточно проста. Нейрон получает импульсы от аксонов других нейронов через дендриты (приемники) и передает сигналы, сгенерированные телом клетки, вдоль своего аксона (передатчика), который в конце разветвляется на волокна. На окончаниях этих волокон находятся специальные образования – синапсы, которые влияют на величину импульсов[2].



**Рис. 1** Модель биологического нейрона.

А теперь рассмотрим пример математической модели нейрона:

$$y = f(u), \text{ где } u = \sum_{i=1}^n w_i x_i + w_0 x_0$$

Здесь  $x_i$  и  $w_i$  – соответственно, сигналы на входах нейрона и веса входов, функция  $u$  называется индуцированным локальным полем, а  $f(u)$  - передаточной функцией. Возможные значения сигналов на входах нейрона считают заданными в интервале  $(0,1)$ . Они могут быть либо дискретными (0 или 1), либо аналоговыми. Дополнительный вход  $x_0$  и соответствующий ему вес  $w_0$  используются для инициализации нейрона. Под инициализацией подразумевается смещение активационной функции нейрона по горизонтальной оси, то есть формирование порога чувствительности нейрона. Кроме того, иногда к выходу нейрона специально добавляют некую случайную величину, называемую сдвигом. Сдвиг можно рассматривать как сигнал на дополнительном, всегда нагруженном синапсе [3].

Как уже отмечалось выше, любым ИНС присущи обучение, обобщение и выделение данных. Под обучением понимается процесс настройки архитектуры сети (структуры связей между нейронами) и весов синаптических связей (влияющих на сигналы коэффициентов) для эффективного решения поставленной задачи. Обычно обучение нейронной сети осуществляется на некоторой выборке. По мере процесса обучения, который происходит по некоторому алгоритму, сеть должна все лучше и лучше (правильнее) реагировать на входные сигналы.

Выделяют три парадигмы обучения: с учителем, самообучение и смешанная. В первом способе известны правильные ответы к каждому входному примеру, а веса подстраиваются так, чтобы минимизировать ошибку. Обучение без учителя позволяет распределить образцы по категориям за счет раскрытия внутренней структуры и природы данных. При смешанном обучении комбинируются два вышеизложенных подхода.

Известны 4 основных типа правил обучения: коррекция по ошибке, машина Больцмана, правило Хебба и обучение методом соревнования. Рассмотрим более подробно:

- **Правило коррекции по ошибке.** При обучении с учителем для каждого входного примера задан желаемый выход  $d$ . Реальный выход сети  $y$  может не совпадать с желаемым. Принцип коррекции по ошибке при обучении состоит в использовании сигнала  $(d-y)$  для модификации весов, обеспечивающей постепенное уменьшение ошибки. Обучение имеет место только в случае, когда перцептрон ошибается. Известны различные модификации этого алгоритма обучения.

- **Обучение Больцмана** представляет собой стохастическое правило обучения, которое следует из информационных теоретических и термодинамических принципов. Целью обучения Больцмана является такая настройка весовых коэффициентов, при которой состояния видимых нейронов удовлетворяют желаемому распределению вероятностей. Обучение Больцмана может рассматриваться как специальный случай коррекции по ошибке, в котором под ошибкой понимается расхождение коррелирующих состояний в двух режимах.

- **Правило Хебба.** Самым старым обучающим правилом является постулат обучения Хебба. Хебб опирался на следующие нейрофизиологические наблюдения: если нейроны с обеих сторон синапса активизируются одновременно и регулярно, то сила синаптической связи возрастает. Важной особенностью этого правила является то, что изменение синаптического веса зависит только от активности нейронов, которые связаны данным синапсом. Это существенно упрощает цепи обучения в реализации VLSI.

- **Обучение методом соревнования.** В отличие от обучения Хебба, в котором множество выходных нейронов может возбуждаться одновременно, при соревновательном обучении выходные нейроны соревнуются между собой за активизацию. Это явление известно как правило "победитель берет все". Подобное обучение имеет место в биологических нейронных сетях. Обучение посредством соревнования позволяет кластеризовать входные данные: подобные примеры группируются сетью в соответствии с корреляциями и представляются одним элементом [4].

Таким образом, в контексте нейронного распознавания образов обучение без учителя является более привлекательным за счет его "самостоятельности". Процесс обучения, как и в случае обучения с учителем, заключается в подстраивании весов синапсов. По аналогии с известными принципами самоорганизации нервных клеток построены алгоритмы обучения Хебба.

Сигнальный метод обучения Хебба заключается в изменении весов по следующему правилу:

$$w_{ij}(t) = w_{ij}(t-1) + \alpha \cdot y_i^{(n-1)} \cdot y_j^{(n)}, \quad (1)$$

где  $y_i^{(n-1)}$  – выходное значение нейрона  $i$  слоя  $(n-1)$ ,  $y_j^{(n)}$  – выходное значение нейрона  $j$  слоя  $n$ ;  $w_{ij}(t)$  и  $w_{ij}(t-1)$  – весовой коэффициент синапса, соединяющего эти нейроны, на итерациях  $t$  и  $t-1$ , соответственно;  $\alpha$  – коэффициент скорости обучения. Здесь и далее, для общности, под  $n$  подразумевается произвольный слой сети. При обучении по данному методу усиливаются связи между возбужденными нейронами.

Существует также и дифференциальный метод обучения Хебба.

$$w_{ij}(t) = w_{ij}(t-1) + \alpha \cdot [y_i^{(n-1)}(t) - y_i^{(n-1)}(t-1)] \cdot [y_j^{(n)}(t) - y_j^{(n)}(t-1)] \quad (2)$$

Здесь  $y_i^{(n-1)}(t)$  и  $y_i^{(n-1)}(t-1)$  – выходное значение нейрона  $i$  слоя  $n-1$  соответственно, на итерациях  $t$  и  $t-1$ ;  $y_j^{(n)}(t)$  и  $y_j^{(n)}(t-1)$  – то же самое для нейрона  $j$  слоя  $n$ . Как видно из формулы (2), сильнее всего обучаются синапсы, соединяющие те нейроны, выходы которых наиболее динамично изменились в сторону увеличения [5].

Полный алгоритм обучения с применением вышеприведенных формул будет выглядеть так:

1. На стадии инициализации всем весовым коэффициентам присваиваются небольшие случайные значения.

2. На входы сети подается входной образ, и сигналы возбуждения распространяются по всем слоям согласно принципам классических прямопоточных (feedforward) сетей, то есть для каждого нейрона рассчитывается взвешенная сумма его входов, к которой затем применяется активационная (передаточная) функция нейрона, в результате чего получается его выходное значение  $y_i^{(n)}$ ,  $i=0..M_i-1$ , где  $M_i$  – число нейронов в слое  $i$ ;  $n=0..N-1$ , а  $N$  – число слоев в сети.

3. На основании полученных выходных значений нейронов по формуле (1) или (2) производится изменение весовых коэффициентов.

4. Цикл с шага 2, пока выходные значения сети не застабилизуются с заданной точностью. Применение этого нового способа определения завершения обучения, отличного от использовавшегося для сети обратного распространения, обусловлено тем, что подстраиваемые значения синапсов фактически не ограничены [6].

На втором шаге цикла попеременно предъявляются все образы из входного набора.

Следует отметить, что вид откликов на каждый класс входных образов не известен заранее и будет представлять собой произвольное сочетание состояний нейронов выходного слоя, обусловленное случайным распределением весов на стадии инициализации. Вместе с тем сеть способна обобщать схожие образы, относя их к одному классу. Тестирование обученной сети позволяет определить топологию классов в выходном слое. Для приведения откликов обученной сети к удобному представлению можно дополнить сеть одним слоем, который, например, по алгоритму обучения однослойного перцептрона необходимо заставить отображать выходные реакции сети в требуемые образы [7].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Ф. Уоссермен*. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика. Перевод на русский язык Ю. А. Зуев, В. А. Точенов, 1992.
2. *И. В. Заенцев*. Нейронные сети: основные модели. Учебное пособие к курсу “Нейронные сети”.
3. Галушкин А.И. Теория нейронных сетей. Кн.1: Учеб.пособие для вузов / Общая ред. А.И. Галушкина. - М.: ИПРЖР, 2000. - 416 с.
4. *А.Н.Горбань, В.Л.Дунин-Барковский, А.Н.Кирдин и др.* Нейроинформатика. - Новосибирск: Наука. Сибирское предприятие РАН, 1998. - 296с.
5. <http://www.orc.ru/~stasson/neurox.html>
6. С. Хайкин. Нейронные сети. Полный курс. 2008. – 1104 с.
7. <http://www.aiportal.ru/> - портал искусственного интеллекта.

УДК 502.6:622.344.5 (574)

**С.С. Усербаева, Г.Р. Ахмедова, З.Ж. Сакиева**  
(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

### **ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВИНЦА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ АО «ПК «ЮЖПОЛИМЕТАЛЛ**

Перспективной задачей развития индустрии Казахстана является реконструкция типов промышленных технологий в стратегически ориентированных направлениях – комплексности, малоотходности, ресурсо- и энергоэффективности, а также максимальной замкнутости производственных систем с акцентом на устранение причин экологических нарушений.

Свинец является одним из наиболее токсичных металлов и включен в списки приоритетных загрязнителей рядом международных организаций, в том числе ВОЗ, ЮНЕП, Американским агентством по контролю за токсичными веществами и заболеваниями (CDC) и другими аналогичных государственных организациями в различных странах.

Загрязнение окружающей среды свинцом и его соединениями предприятиями металлургической промышленности определяется спецификой их производственной деятельности:

- непосредственное производство свинца и его соединений;
- попутное извлечение свинца из других видов сырья, содержащих свинец в виде примеси;
- очистка получаемой продукции от примеси свинца и т.д.

В ряде развитых стран мира наличие в рудном сырье и скрапе свинца создает серьезные экологические проблемы в доменном, мартеновском и электроплавильном переделах.

Анализ источников выброса свинца показал:

- 57% свинца выбрасывается в атмосферу с большими объемами запыленных газов отражательной плавки свинецсодержащего сырья, которые на всех заводах, использующих эту технологию, направляют в дымовые трубы без пылеочистки;
- 37% свинца выбрасывается с конвертерными газами из-за отсутствия или недостаточности степени очистки их от богатой по содержанию свинца возгонной пыли;
- существенным фактором является недостаточная эффективность на предприятиях цветной металлургии средств пылеулавливания.

На большинстве заводов цветной и черной металлургии реализуются мероприятия, призванные резко сократить загрязнение окружающей среды. В первую очередь это относится к замене устаревших технологий и оборудования на современные ресурсосберегающие и экологически безопасные процессы, позволяющие существенно сократить объемы отходящих газов и обеспечить, возможно, полное улавливание и утилизацию всех компонентов этих газов, включая соединения свинца.

Исходя из достигнутого уровня остаточной запыленности, соответствующего мировому и определяемого разрешающей возможностью современной техники, следует вывод, что для сокращения выбросов в атмосферу промышленными предприятиями генеральным направлением остается внедрение новых прогрессивных технологий, обеспечивающих минимальные объемы отходящих газов.

Впервые в Казахстане для технологической плавки свинцовых концентратов взамен старой технологии «агломерация свинецсодержащих материалов» – применен процесс ISASMELT на Усть-Каменогорском свинцово-цинковом комбинате, строительство которого закончилось в 2012 году.

В процессе ISASMELT используется стационарная печь с огнеупорной футеровкой и одна погружная фурма. В печь непрерывно загружаются концентраты, топливо и флюсы. Воздух, обогащенный кислородом, подается через погружную фурму и создает высокотурбулентную ванну.

Преимуществом данного процесса является совмещение нескольких технологических операций в одной установке, возможность более полного удаления летучих примесей, гибкость при переработке сырья, высокая удельная производительность в совокупности с низкими капитальными и эксплуатационными затратами.

Важными показателями эффективности процесса являются вовлечение в переработку большего объема вторичного сырья. Плавильный процесс ISASMELT наиболее экономичен в отношении топ-

лива, позволяет вырабатывать вторичные энергоресурсы (пар), который используется на технологические нужды. Современное оборудование и полная автоматизация технологического процесса, от подготовки шихты до плавки, значительно снижают долю ручного труда.

Реализация проекта технологии ISASMELT на АО «ПК «ЮЖПОЛИМЕТАЛЛ» даст кардинальный положительный экологический эффект. Экологическая безопасность применяемой технологии заключается в следующем:

- качественный состав отходящих газов позволит утилизировать их в серноокислотном производстве;
- остановка экологически «грязных» переделов на свинцовом производстве, на долю которых приходится более 80% выбрасываемых серосодержащих газов.

Для повышения эффективности пылеулавливания в качестве природоохранных мероприятий принято решение о внедрении рукавных фильтров усовершенствованной конструкции типа ФРКИ с импульсной регенерацией рукавов, сочетающих в себе энергоемкость, высокую степень очистки (98,5%), низкие капитальные и эксплуатационные затраты, быструю окупаемость.

Ожидаемый экологический эффект от реконструкции отделения пылеулавливания – снижение выбросов пыли в атмосферу на 271,2 т/год, в том числе свинца на 8,5 т/год.

Необходимы дополнительные природоохранные мероприятия также для улучшения экологической обстановки, связанной с «историческими загрязнениями» РК, одним из которых является территория Шымкентского свинцового завода

Несмотря на наличие значительных территорий, загрязненных свинцом, работы по их реабилитации в настоящее время проводятся в очень ограниченных масштабах.

В зависимости от степени загрязнения территорий можно апробировать различные мероприятия. При высокой и очень высокой степени загрязнения могут быть использованы физические методы (удаление и захоронение загрязненных слоев почв, остекловывание, разубоживание), а также создание искусственных геохимических барьеров вокруг загрязненных участков почв, препятствующих миграции поллютанта в сопредельные среды.

При невысокой степени загрязнения территории свинцом могут быть использованы различные химические (известкование кислых почв, внесение минеральных или органических удобрений в отдельности или совместно, использование цеолитов, гумусовых препаратов и других поглотителей для снижения подвижности свинца в почве) и биологические приемы (выращивание растений, слабо реагирующих на избыток свинца в почве и не накапливающих его в количествах, токсичных для животных и человека; извлечение свинца из почв с помощью микроорганизмов; культивирование растений, способных аккумулировать свинец в больших количествах с последующим их удалением с территории, переработкой или захоронением) или их сочетание.

В решении проблем свинцового загрязнения окружающей среды существенную роль может сыграть общественное экологическое движение страны, представители которого могли бы более активно участвовать в формировании национальной политики по предотвращению свинцового загрязнения окружающей среды, осуществлять функции информирования населения по проблемам свинцовой опасности загрязнения окружающей среды, предусматривающие подготовку информационных изданий об опасности воздействия свинца на здоровье, мерах личной профилактики, а также мероприятия по обязательному информированию населения о наличии свинца в товарах.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Экологический кодекс РК, приказ №212 – ЗРК от 09.01.07 Астана: Дом министерств – 2007.
2. Проект ОВОС «Новая металлургия» УК МК ТОО «Казцинк».
3. Денисов С.И. Улавливание и утилизация пылей и газов. – М.: Металлургия, 1991. – С. 166 – 205.

Усербаева С.С., Ахмедова Г.Р., Сакиева З.Ж.

**ААҚ «ПК «Южполиметалл» қорғасынның қоршаған ортаға әсерін төмендету жайлы табиғатты қорғау шараларын ұйымдастырды.**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада қорғасын ISASMELT өндірудің жаңа технологиясын ААҚ «ПК» ЮЖПОЛИМЕТАЛЛ» өндірісінде қолдану қарастырылған күкірт қышқылды өндірісінде шығарылған газдарды пайдаға асырады және қорғасын қосындыларын толық ұстайды. Ұсынылған жобада қорғасынмен зақымдалған территориялық аймақтарды сауықтыруға арналған.

Усербаева С.С., Ахмедова Г.Р., Сакиева З.Ж.

**Природоохранные мероприятия по снижению воздействия свинца на окружающую среду АО «ПК «Южполиметалл».**

**Резюме.** В данной статье рассмотрено применение новой технологии производства свинца ISASMELT на АО «ПК «Южполиметалл», что позволит утилизировать отходящие газы в сернокислотном производстве и полное улавливание соединений свинца. Предложены мероприятия пореабилитации территорий, загрязненных свинцом.

Usserbayeva S.S., Akhmedova G.R., Sakiyeva Z.Zh.

**«The nature protection action for decreasing the influence of lead on environment AO «PK «Yuzhpolimetall».**

**Summary.** Application of new technology of the lead ISASMELT production on AO «PK «Yuzhpolimetall» is considered in this article that will allow utilizing off-gases in sulfuric acid production and full catching of lead compounds. Actions for rehabilitation of the territories polluted by lead are offered.

УДК 961.091

**K. Akmalayev, D. Atambayeva**

(Kazakh national technical university named after K.I. Satpayev)

### **NON – AUTOCLAVED MAGNESIUM CEMENT – BASED FOAM CONCRETE**

Heat-insulating gas-silicate blocks are widespread in Kazakhstan construction complex. However outputs of non-autoclave foam concrete industry annually increases in number of countries. It is explained by their rather simple technology, smaller expenses of energy in comparison with processes of receiving other cellular concrete porous fillers. Besides, the advanced technology of receiving non-autoclave foam concretes allows receiving materials with the properties which aren't conceding to a gas concrete. Such material is the foam concrete with a density of 150 - 200 kg/m<sup>3</sup> – with durability on compression about 2 MPa, heat conductivity 0,055 - 0,065 W/(m<sup>0</sup>C). Constant cost growth of energy carriers causes need of less power-intensive construction materials production and its expansion, including heat-insulating.

Estimating high rates of gas-silicate concrete blocks (the small volume weight of 200 - 500 kg/m<sup>3</sup>, high durability on compression of 0,5 - 2,5 MPa, low heat conductivity 0,08 - 0,11), small shrinkage when drying - no more than 0,5 mm/m), it should be noted their essential shortcoming - high power consumption of production at the expense of autoclave processing, energy consumption on which makes 18 - 22 kW/h, in comparison with 6-7 kWh which concerns for receiving non-autoclave foam concrete [1].

Decrease in energy consumption can be reached at the expense of using the less power-intensive magnesium cement which production is planned to carry out from dolomite. Preliminary calculation of thermal expenses showed that for receiving magnesium cement the consumption of conditional fuel on 1 t of the caustic dolomite will make no more than 100 kg of dolomite fuel that is much lower in comparison with costs of receiving cement clinker (190-210kg fuel) and limes (290 - fuel).

Nowadays non-autoclave foam concretes are generally received on the basis of the Portland cement. Therefore we solved two problems first of all: decrease in energy consumption at the expense of using less power-intensive technology of receiving magnesium cement; increase the main physicist - mechanical properties of non-autoclave foam concrete which are most approached to properties of the autoclave gas concrete.

It is known that the choice of the foam former which is playing an important role at the initial stage of concrete formation. It causes both the foam concrete production technology and technical operational characteristics of received production. So far there is no universal approach to an assessment of efficiency of this or that foam former. There are no scientifically reasonable methods of definition of optimum amount of foam former and the liquid-solid proportion of an initial foam-concrete mix. That's why the research of various foam formers is one of the most important stages of creation qualitative heat-insulating and load-bearing structural insulating material [2, 3].

The output parameters were used for selection of optimum composition of foam concrete by the average density and durability on compression age in 14 days.

The caustic dolomite which was received on a mode was used also for researches.

Synthetic PB – 2000, Unipor, Pioneer, Penostrom were used as foam concretes, which are widespread in technology of receiving Portland cement. Active foam liquid was received by mixing concentrate foam former and water. The solvent of the caustic dolomite was the sulfate-magnesium solution with a density of  $1290 \pm 10 \text{ kg/m}^3$  and the temperature of  $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ . The amount of the foam former varied from 0,1 to 4% of the caustic dolomite weight at the constant liquid-solid proportion 0,45. The frequency of the mixer shaft rotation was  $800 \pm 10 \text{ rot/min}$  (ReM), hashing time of foam-concrete mix  $60 \pm 5 \text{ sec}$ .

Foam concrete was received by the following technique. Dry mix of the caustic dolomite and filler was mixed in a laboratory mill during  $50 \pm 10 \text{ sec}$ . Magnesia binding suspension with a sandy additive was received by introduction in a dry mix of solvent solution. Hashing of suspension was carried out to receive the uniform mix. Foam-concrete mix was filled in demountable metal forms with the size (70x70x70) mm which internal surfaces were greased with switch oil. Laboratory samples were stayed in forms during 24 – 48 hours then the out form-removal was carried. Final curing of products took place on air at the room temperature.

In fig. 1 It is presented the influence of amount of foam former on the volume mass of foam concrete.

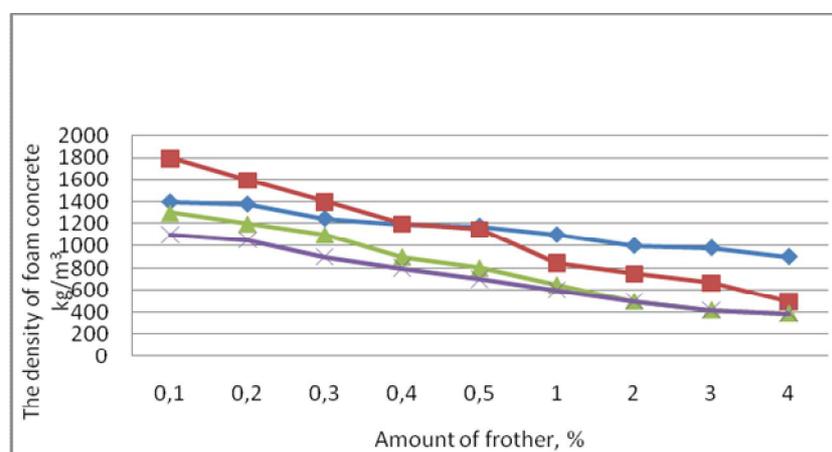
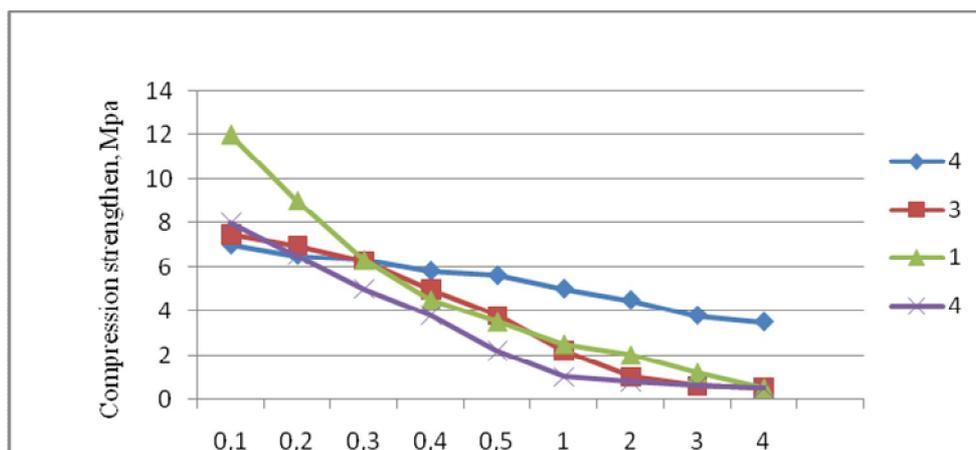


Fig. 1. The influence of amount of foam former on the volume mass of foam concrete  
1-Unipor; 2-Pioneer; 3-Penostrom; 4-PB-2000

From fig. 1 it follows that the volume mass of foam concrete first of all depends on amount of entered foam former and in lesser extent on his look. At addition of foam former in number of 2 – 4 % it is possible to receive foam concrete with a density of  $500 \text{ kg/m}^3$  and less, and when using foam former Unipor it isn't possible to reach these values even at his maintenance of 4 %. Thus there are received the foam concrete samples with rather low strength indicators and surface with cracks.

It is known that the important quality indicator of foam concrete is its strength properties, except of volume weight (fig. 2).

At the density of foam concrete  $500 - 600 \text{ kg/m}^3$  (0,5 - 2 MPa) the samples have the highest durability if they were received with use of PB foam formers PB-2000 and Penostrom. However even the best samples of foam concrete show durability which is comparable with durability of autoclave gas concretes (in accordance with GOST 25485 - 89 for D500 brand gas concrete - not less than 1 MPa, for the D600 brand - not less than 2 MPa). Foam concrete on the basis of foam former Pioneer and Unipor is characterized by heterogeneity of steam space, integration of pore (more than 3 mm), formation of reported channels that leads to destruction of cement system and reduction of the final product durability.



**Fig. 2.** Foam concrete strength dependence on foam former amount  
 1-Unipor; 2-Pioneer; 3-Penostrom; 4-PB-2000

The best results are received with use of Penostrom foam former.

It is known that foam-forming substances negatively influence on solidification processes and curing of binding material owing to surfactant tough film formation on the surface of hydrated cement grains, which are interfering with curing.

Using plasticizing additives is one of the improvement directions of concrete strength indicators. Plasticizing additives, in particular hyper softeners are used in technology of foam concretes on the basis of Portland cement. The plasticizing additives give good plasticizing effect, but at the same time negatively influence on the rate of durability set.

It is suggested that the relative nature of surfactant adsorption on a surface of cement particles. Though the layer of surfactant has netted character, not regular. Nevertheless it represents an obstacle in a way of nucleophilic attack of solvent solution on a firm cement particle. Proceeding from it the effective way of elimination of the specified negative phenomenon can be the elimination of this obstacle, i.e. full or partial removal from a surface of firm particles of the surfactant adsorbed layer.

#### BIBLIOGRAPHY

1. Сажнев Н.П. и др. Производство ячеисто – бетонных изделий: теория и практика. 3-е изд., доп. И перераб. Минск: Стринко, 2010. 464 с.
2. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их применения и разрушения. М.: Химия, 1983. 264 с.
3. Шахова Л.Д. Роль пенообразователей в технологии пенобетонов // Строительные материалы. 2007. №4. С. 16-19.

Акматаев К., Атамбаева Д.

#### **Магнезиал цементі негізіндегі автоклавта қатаймайтын көбікгібетон.**

**Түйіндеме.** Энергия шығындарының төмендеуі магнезиялы цементтің азғантай энергия сыйымдылығын қолдану есебінен болады, өндірісі доломиттің жүзеге асуымен жоспарланады. Жылулық шығындарды алдын ала есептеудің көрсетуі бойынша, доломиттен жасалған магнезиялы цементті алуда 1 т каустикалық доломитке кеткен меншікті отынның шығыны 100 кг кем емес меншікті отынды құрайды, ол цементті клинкерді және әктасты (290 – 310 кг меншікті отын) алуда шығынмен салыстырғанда (190 – 210 кг меншікті отын) біршама төмен.

Акматаев К., Атамбаева Д.

#### **Не автоклавный пенобетон на основе магнезиального цемента.**

**Резюме.** Снижение энергозатрат может быть достигнуто за счет применения менее энергоемкого магнезиального цемента, производство которого планируется осуществлять из доломита. Предварительные расчеты тепловых затрат показали, что на получение магнезиального цемента из доломита расход условного топлива на 1 т каустического доломита составит не более 100 кг усл. Топлива, что значительно ниже по сравнению с затратами на получение цементного клинкера (190 – 210 кг усл. топлива) и извести (290 – 310 кг усл. топлива).

ОӘЖ 669.162.252.468.4

**М.А. Алтаев, А.А. Досмаканбетова, С.А. Кумисбеков, А. Мамыр, М.З. Якубова**  
(М.Әуезов атындағы ОҚМУ, Шымкент қ., Республика Қазақстан )  
(Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы қ. Республика Қазақстан)

### **АППАРАТТЫҢ ҚҰЙЫЛҒЫ ҚҰРЫЛЫМЫНАН ЖҰҚА ҚАБЫҚ ТҮРІНДЕ АҚҚАН СҰЙЫҚТЫҢ АУАМЕН (ГАЗБЕН) ӘСЕРЛЕСУ РЕЖИМІН МОДЕЛЬДЕУ**

**Аңдатпа.** Дөңгелек тегіс тарату дискінің беті бойынша сұйық ағынының симметриялы ағу заңдылықтары қарастырылды, газ ағынының тегеурінін ескере отырып симметриялық және бейтарап деформациялар жағдайындағы ағын ұзындығының ұзақтылық тәуелділігі анықталды, сонымен бірге сұйық ағынының тұрақтылық шарты бойынша сақиналы ағынның диаметрін анықтайтын тәуелділік пен тамшылардың өлшемдерін анықтайтын есептеу өрнегі алынды. Сұйық қабықшаның қалыңдығы мен жылдамдығын анықтайтын негізгі көрсеткіштер Рейнольдс саны мен геометриялық симплекс екені анықталды, яғни шағылыстыру дискісі бар құйылу құрылысындағы сұйық шығыны мен конструктивтік параметрлері ескеріледі.

**Кілтті сөздер:** Рейнольдс саны, геометриялық симплекс, ағын диаметрі, таратқыш диск, құйылғы құрылым, шағылыстыру дискісі.

Фазаларды екі зонада түйістіретін табақшалы аппараттардың екінші зонасы, негізгі табақшаға бекітілген, арнайы құйылғы құрылымының (цилиндрлік, төртбұрыштық, үшбұрыштық формаларда), саңылауынан сұйықтың жұқа қабық түрінде (аппараттың көлденең қимасында) ағуымен ауа (газ) фазасының түйісуіне негізделген (1-сурет).

Көп жағдайда жұқа қабықшалы зонаның гидравликасын барботажды зонаның үстіндегі жағдаймен байланыстырып қарастырады [1]. Дегенмен, фазалардың екі зонада түйісуі аппараттың гидравликасына едәуір айырмашылық туғызады. Сондықтан да құйылғы құрылымның гидродинамикалық сипаттамаларын өз алдына бөлек және тиімділігі жоғары жаңа аппараттардың негізгі зонасымен бірге қарастыру, белгілі бір деңгейде ғылыми қызығушылық тудыратыны анық.

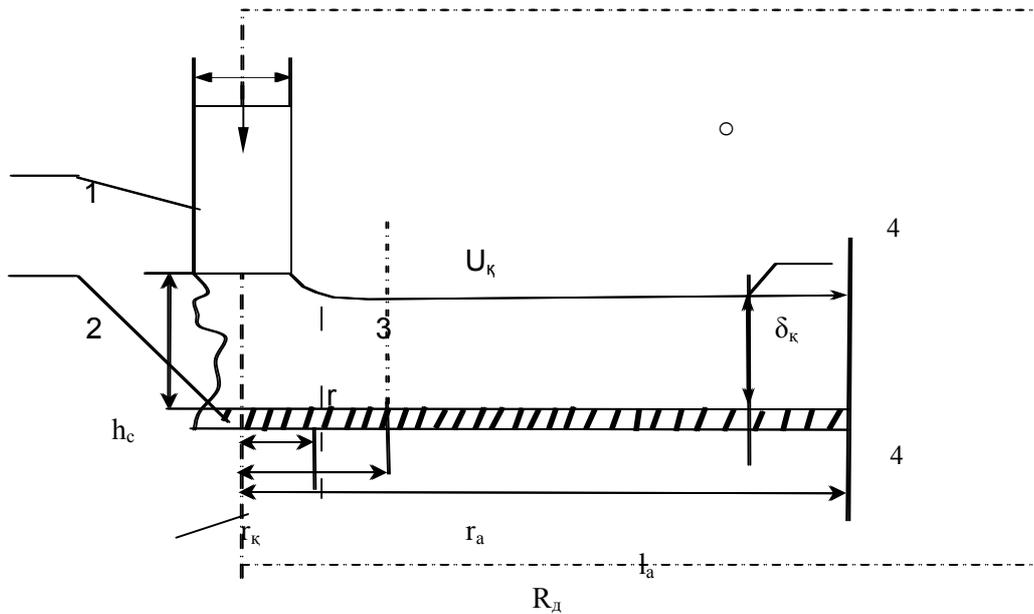
Осыған байланысты, құйылғы құрылымындағы жұқа қабықтың құрылу механизмі мен сұйық тамшыларына айналу механизмдері бөлек зерттеледі.

Құйылу құрылысының (II-зона) гидравликасын зерттеу органикалық шыныдан жасалған, табақшааралық ара-қашықтықтары 400 мм болатын, диаметрі 500 мм бағанадан тұратын қондырғыда жүргізілді. Тәжірибелер ауа жылдамдығының 0,8-ден 4,0 м/с дейінгі аппараттың көлденең қимасына шаққанда өзгеру диапазонында жүргізілді. Бұл  $F_\phi$ -факторы 0,9-4,5  $\text{кг}^{0,5}/\text{м}^{0,5}\text{сек}$  көрсеткішіне сәйкес. Сұйық бойынша жүктеменің өзгеру шегі 0,7-ден 5  $\text{м}^3/\text{сағ}$  дейін болды [1].

Екі зоналы түйісу фазалары бар табақшалы аппараттардың қабықшалы зонасының гидродинамикалық заңдылықтарын сипаттайтын қажетті көрсеткіштер, ол қабықшалы зонаның толық гидравликалық кедергісі  $\Delta P_m$ , сақиналы саңылаудан ағатын сұйықтық қабықшасының қалыңдығы  $\delta_{\text{каб}}$ , ағынның ұзындығы  $l_a$  және ауа ағынына әсер еткеннен пайда болған тамшы бөлшектерінің диаметрін  $d_m$  атауға болады.

Құйылу құрылысындағы беттік таратқыш дискі беттерінде саңылау арқылы ағатын сұйық қабықшасының қалыңдығын зерттеу жұмыстары бір фазалы режимде, ал қабықтың таралу ұзындығы  $l_a$  екі фазалы режимде газбен бірге өзгеріссіз  $L/G$  қатынаста жүргізілді, бірақ сақиналы саңылаудың өлшемдері мен тарату дискісінің диаметрі өзгертіліп отырылды.

Беттік тарату дискісі бетіндегі сұйықтың біртекті ағу заңдылықтарын қарастырамыз (1-сурет).



**1-сурет.** Фазаларды екі зонада түйістіретін аппараттың құйылу құрылғысының беттік тарату дискісі бетіндегі сұйықтың біртекті ағыны:  
 1- құйылу құбыры; 2-беттік таратқыш диск

Мұнда сұйық ағынының үш бағытын көрсетуге болады:

- $d_k = 2r_k$  зонасындағы ағынның орташа жылдамдықтағы -  $U_k$ ;
- $r_k < r < r_a$  аймағындағы тік ағынның горизонталды (радиалды) ағынға ауысуы;
- $r_a < r < r_d$  зонасындағы бос радиалды ағын.

Екінші бағыттағы сұйық ағынының осьтік жылдамдығы біршама төмендейді және радиалды ағыны артады. Үшінші бағыттағы жылдамдығы  $r_d$  радиусымен дискінің периметріне пропорционалды түрде төмендейді.

Газды шаңтазалағыштардың, скрубберлердің және градирнялардың практикалық есептеулері үшін, форсункалардың таратқыш (шағылыстырғыш) дискілерінің шетінен аққан сұйықтың жұқа қабығының қалыңдығы  $\delta_k$  мен оның орташа ағу жылдамдығының  $u_o$  маңызы ерекше, себебі олар сұйықтың шашыратылу гидравликасының тұрақтылығын және жүргізілетін процестің тиімділігіне анықтаушы әсері мол.

3-3 қимасындағы бөлінбеу теңдеуінен ауысу радиусын анықтаймыз:

$$2\pi r_a h_c u_a = 2\pi r_{ay} \delta_{ay} u_{ay} \quad (1)$$

мұндағы:

$r_{ay}$  – өтпелі зона мен жұқа қабықтың толық радиалды ағынына ауысу зонасының радиусы, м;

$u_{ay}$  – сұйық ағынының жылдамдығы, м/с;

$\delta_{ay}$  - 3-3 қимасындағы қабықшаның қалыңдығы;

$u_{ay}$  - 3-3 қимасындағы қабықшаның орташа жылдамдығы.

(1) өрнектен алатынымыз: 
$$r_{ay} = \frac{r_a h_c u_a}{\delta_{ay} u_{ay}} \quad (2)$$

3-3 қимасындағы бос қабаттағы максималды жылдамдық  $u_{max} = u_a$ . Онда, 3-3 қимасындағы орташа жылдамдық мынаған тең: 
$$U_{ay} = K_p u_a \quad (3)$$

мұндағы,  $K_p=0,66$  ламинарлы режимдегі ағын үшін;  $K_p=0,88$  турбулентті режимдегі ағын үшін.

Онда (3) қатынасты ескере отырып: 
$$r_{ay} = \frac{r_a h_c}{K_p \delta_{ay}} \quad (4)$$

3-3 қимасынан 4-4-ге дейінгі қабықша бетінің бос радиалды ағысын қарастырамыз. Гидродинамикалық тұрақтылық кезіндегі  $z=0$  тең болғанда 4-4 қимасындағы меншікті энергия келесідей көрсетіледі:

$$\mathcal{E} = \delta_k + \frac{u_k^2}{2g} \quad (5)$$

немесе 
$$\mathcal{E} = \delta + \frac{Q_c^2}{2gF^2} \quad (6)$$

мұндағы  $\delta_k$  - қабықшаның қалыңдығы;

$u_k$  - қабықшаның радиалды ағынының жылдамдығы;

$F = \pi d_o \delta_k$  - 4-4 қимасының ауданы;

$d_o = 2R_o$  - дискінің диаметрі;

$Q_c$  - сұйықтың шығыны;

$F$  - 4-4 қимасының ауданы.

Тұрақтандырылған қабықшаның қалыңдығын 4-4 қимасындағы меншікті энергияның минимумы бойынша анықтауға болады:

$$\frac{d\mathcal{E}}{d\delta} = 0 \quad (7)$$

немесе 
$$\frac{d\left(\delta_k + \frac{Q_c^2}{2g \cdot F^2}\right)}{d\delta_k} \quad (8)$$

теңдеуді анықтай келе, алатынымыз

$$1 - \frac{Q_c^2 dF}{gF^3 d\delta_k} = 0 \quad (9)$$

$$\frac{dF}{d\delta} = \Pi \quad \text{ескере отырып,} \quad (10)$$

алатынымыз: 
$$1 - \frac{Q_c^2 \Pi}{gF^3} = 0 \quad (11)$$

мұндағы  $\Pi = \pi d_o$ , 4-4 қимасының периметрі.

(11) теңдеуден алатынымыз: 
$$Q_c^2 = \pi^2 g d_o^2 \delta_k^3 \quad (12)$$

3-3 қимасындағы сұйықтың шығыны: 
$$Q_c = \pi d \delta_{ay} u_{ay} \quad (13)$$

Онда (2), (4), (12), (13) теңдеулерді ескере отырып, дискі жиегіндегі қабықшаның орташа қалыңдығын анықтаймыз:

$$\delta_k = 3 \sqrt{\frac{16h_c^2 Q_c^2}{\pi^2 g d_o^2 d_k^2}} \quad (14)$$

4-4 қимасының ұзындық бірлігіне шаққандағы сұйықтың меншікті шығынына ауыса отырып:

$$L_m = \frac{Q_c}{\pi d_o} \quad (15)$$

$$(14) \text{ теңдеу шешуші түрге түрленеді: } \delta_k = 3 \sqrt{\frac{16h_c^2 L_m^2}{gd_k^2}} \quad (16)$$

$$\text{Теңдікке сүйене отырып: } u_k = \frac{L_m}{\delta_k} \quad (17)$$

$$\text{қабықшаның орташа жылдамдығын анықтаймыз: } u_k = 3 \sqrt{\frac{g \cdot d_k^2 \cdot L_m}{16h_c^2}} \quad (18)$$

Қабықшалы ағынның механизмін орындау үшін (16) және (18) теңдеулерін жалпы қабылданған мәндерді енгізе отырып, критериалды түрге келтіреміз:

$$\text{Re}_k = \frac{4L_m}{v_c} \quad (19)$$

$$\Gamma = \frac{h_c}{d_k} \quad (20)$$

мұндағы  $\text{Re}_k$ - Рейнольдс саны;  
 $\Gamma$  – геометриялық симплекс.

Онда:

$$\delta_k = \left( \frac{v_c^2}{g} \right)^{1/3} \cdot \text{Re}_k^{2/3} \cdot \Gamma^{2/3} \quad (21)$$

$$u_k = (g \cdot v_c)^{1/3} \cdot \text{Re}_k^{2/3} \cdot \Gamma^{2/3} \quad (22)$$

Көптеген зерттеушілер тік цилиндрлі беттен ауырлық күші әсерінен ағатын қабықшаның қалыңдығын табуға арналған өрнектерді анықтаған. Олар теориялық өрнектерден табылған:

$$\delta_k = 0,9085 \left( \frac{v_c^2}{g} \right)^{1/3} \cdot \text{Re}_k^{1/3} \quad (23)$$

$$u_k = 0,276 (g \cdot v_c)^{1/3} \cdot \text{Re}_k^{1/3} \quad (24)$$

Осы теңдеулерді алынған (21) және (22) теңдеулермен салыстыра отырып,  $\text{Re}_k$  режимдік критерий қабықшаның қалыңдығына анағұрлым әсерін тигізетінін көруге болады. Бұл анық, себебі горизонталь беттегі сұйық ағынының жылдамдығы тік беттегіге қарағанда анағұрлым төмен және де сұйық шығынымен анықталады. Дұрысы геометриялық симплекстің  $\Gamma = h_c / d_k$  пайда болуы, себебі бұл қатынастың 1 суреттен дөңгелек дискі бетінен ағатын сұйықтың ағуына үлкен әсер ететіндігі көрініп тұр. В.М.Рамм тұжырымы бойынша,

$$\delta_k' = \left( \frac{v_c^2}{g} \right)^{1/3} \quad (25)$$

$$u_k' = (g \cdot v_c)^{1/3} \quad (26)$$

мұндағы  $\delta_k'$  - қабықшаның келтірілген қалыңдығы;  $u_k'$  – қабықшаның келтірілген жылдамдығы.  
 Сондықтан:

$$\delta_k = K_1 \cdot \delta_k' \cdot \text{Re}_k^{2/3} \cdot \Gamma^{2/3} \quad (27)$$

$$u_k = u_k' \cdot \text{Re}_k^{2/3} \cdot \Gamma^{2/3} \quad (28)$$

мұндағы,  $K_1 \approx 0,12$ - зерттеу нәтижелері мәліметтерін ескеретін коэффициент.

Сонымен, қабықшаның қалыңдығын және жылдамдығын анықтайтын негізгі көрсеткіш болып Рейнольдс саны және геометриялық симплекс, яғни сұйықтың шығыны және тегіс таратқыш дикисі бар құйылғы құрылғысының конструктивті көрсеткіштері ескеріледі.

ӘДЕБИЕТТЕР

Алтаев, М.А. Научные основы разработки высокоэффективных пылегазоулавливающих тарельчатых аппаратов с двумя зонами контакта фаз./М.А.Алтаев – Шымкент.: Нұрлы бейне, 2009ж.-196 с.- ISBN 9965-19-098-4.

Алтаев М.А., Досмаканбетова А.А., Кумисбеков С.А., Мамыр А., Якубова М.З.

**Моделирование режима взаимодействия воздуха (газа) с пленочным истечением жидкости из переливного устройства аппарата.**

**Резюме.** Рассматривая закономерности осесимметричного растекания жидкостной струи по поверхности плоского распределительного диска выделена три области растекания жидкости. В области гидродинамической стабильности с учетом минимума удельной энергии определена толщина стабилизированной пленки, а также используя полученные зависимости определена расчетная формула для толщины и средней скорости истечения жидкостной пленки с сливного устройства тарельчатого аппарата. Из условия устойчивости струйного течения жидкости, а также с учетом полученных зависимостей определена окончательная формула для расчета длины струи и диаметра капель.

Altayev M.A., Dosmakanbetova A.A., Kumisbekov S.A., Mamir A., Yakubova M.Z.

**Modeling of a mode of interaction of air (gas) with the film expiration of liquid from the overflow device of the device.**

**Summary.** Considering regularities of axisymmetric spreading of a liquid stream on a surface of a flat distributive disk it is allocated three areas of spreading of liquid. In the field of hydrodynamic stability taking into account a minimum of specific energy thickness of the stabilized film is determined, and also using the received dependences the settlement formula for thickness and the average speed of the expiration of a liquid film from the drain device of the dish-shaped device is defined. From stability conditions of a jet current of liquid, and also taking into account the received dependences the final formula for calculation of length of a stream and diameter of drops is defined.

УДК 622.143 (075)

Ә. Мусанов, А. Шалбай

**ҰҢҒЫЛАРДЫ ПНЕВМОСОҚҚЫШПЕН БҰРҒЫЛАУҒА АРНАЛҒАН ҚҰРЫЛЫМ**

Пневмосоққышпен бұрғылау айналсоқ бұрғылаудың бір түрі болып саналады. Ал, айналсоқ бұрғылау қаттылығы алмасып отыратын тау жыныстарында өте тиімді қолданылады. Пневмосоққыштармен бұрғылаудың ерекшелігі – олар суы жоқ, құрғақ, тереңдігі 300 метр ұңғыларды бұрғылауға қолданылады, ал суы бар ұңғыларды 100-120метр тереңдікке дейін бұрғылауға болады. Әсіресе пневмосоққыштар бұрғыланғыштығы V-XI категориялы қатты және өте қатты тау жыныстарын бұрғылауда өте тиімді қолданылады.

Айналсоқ бұрғылаудың тәртібі забойлық механизмдер арқылы жүргізіледі.

Забойлық механизмдер жуғыш сұйық ағымының немесе қысылған ауаның энергиясымен жұмыс істейді. Қысылған ауа пневмосоққыш балғасының жоғары – төмен қимылдап жыныс талқандағыш құралға колонкалық құбыр арқылы соққымен әсер етуін туғызады.

Өндірісте пневмосоққыштардың әр-түрлісі шығарылады. Олардың ішінде барлау ұңғыларын бұрғылау үшін жиі қолданылатындары РП-130, РП-111 және РП-94 пневмосоққыштары [2].

Пневмосоққыштармен бұрғылау үшін арнайы жасалған диаметрлері 151, 132, 115 және 96 мм, маркалары КП, КПД және КПС коронкалар мен қашаулар қолданылады.

Пневмосоққыштар жыныс талқандағыш құралға бір соққының энергиясы 9- 22 кгс.м болғанда минутына 1200-1400 соққы береді. Барлама ұңғыларды бұрғылауға қолданылатын пневмосоққыштармен бұрғылағанда ауаның шығыны 4- 9 м<sup>3</sup>/мин., қысымы 600 КПа болады.

Ұңғыны пневмосоққыш қолданып бұрғылауда қысылған ауа пневмосоққышқа бұрғы құбырлары тізбегі арқылы келетіні белгілі [2]. Ұңғы қабырғасымен бұрғы құбырлары тізбегі арасындағы сақиналы кеңістікпен ұңғы түбін шламнан тазалап шыққан қысылған ауа ағымы жоғары қарай көтеріледі.

Бұл әдістің артықшылықтарымен бірге кемшіліктері де бар.

**Артықшылықтары:**

- бұрғылаудың механикалық жылдамдығы жоғары. Кейбір жағдайларда бұрғылаудың механикалық жылдамдығы басқа тәсілдерден 8-9 есе, ал алмаспен бұрғылаудан – 2-3 есе жоғары болады;

- жуу сұйығының жұтылып кететін аралықтарын бұрғылау мүмкіндігі;

- суды, балшықты жеткізуге және балшық ертіндісін жасауға кететін шығындардың болмауы;

- астаулар жүйесі, тұндырғыш және зумпфтың қажет болмауы;

- бұрғылау бригадасының санитарлы-гигиеналық жағдайларының жақсы болуы, әсіресе қыс кезінде [2].

**Кемшіліктері:**

- бұрғылау диаметрі үлкен болғанда бұрғы құбырлары тізбегі мен ұңғы қабырғаларының арасындағы сақиналы кеңістіктің үлкен болуына байланысты жоғары бағытталған ауа ағымының шламды көтеру мүмкіншілігі күрт азаяды. Нәтижесінде шлам бұрғы құбырларымен ұңғы қабырғаларының арасындағы кеңістікке жиналады да, бұрғылауды әрі қарай жалғастыруға кедергі жасайды.

Қостанай облысында Шаймерден карьерінде карсталған тау жыныстарын пневмосокқыштармен бұрғылағанда осындай қиыншылықтар кездескен. Карьерді құрғатуға арналған дренаждық ұңғыларды Атлас Копко Крелиус компаниясының ұңғы бұрғылауды шегендеумен қоса жүргізетін симметрикс атты қондырғысымен бұрғылағанда талқандалған тау жыныстары қысылған ауамен көтерілмей ұңғының ішінде тығындалып қала берген. Симметрикс снарядының сыртқы коронкасының диаметрі 420мм, шегендеуші құбырдың сыртқы диаметрі 406мм, ішкі диаметрі 374мм. Бұрғылауға қолданылған пневмосокқыштың сыртқы диаметрі 285мм, бұрғы құбырларының диаметрі 114мм. Ұңғылардың тереңдігі 30 - 230м. Өнімділігі 25 м<sup>3</sup>/мин (0,42м<sup>3</sup>/сек) компрессорды қолданғанда ұңғыны шламнан тазарту қиын болған.

Жоғары бағытталған ауаның жылдамдығы:

$$v = 4Q / \pi (D^2 - d^2),$$

мұнда  $v$  – жоғары бағытталған ауаның жылдамдығы;  $Q$  – компрессордың өнімділігі;  $D$  – ұңғының диаметрі;  $d$  – бұрғы құбырларының диаметрі.

$$v = 4 \times 0,42 / 3,14 \times (0,374^2 - 0,114^2) = 4,1 \text{ м/сек}$$

Ұңғыны шламнан жақсы тазарту үшін ұңғы қабырғалары мен бұрғы құбырлары тізбегінің арасындағы сақина тәрізді саңылаудағы жоғары бағытталған ауаның жылдамдығы 8- 12 м/сек болуы керек [ 2 ]. Забойды тұтас талқандайтын қашаулармен бұрғылағанда жоғары бағытталған ауаның жылдамдығы 14- 18 м/сек болуы керек. Сондықтан есептелген жылдамдық ұңғыны тазартуға жетпейді.

Осы кемшілікті жою үшін жоғары бағытталған ауаның жылдамдығын көбейту шаралары қарастырылған. Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің «Ұңғыларды бұрғылаудың технологиясы мен техникасы» кафедрасында ойлап табылған құрылымның техникалық мақсаты жоғары бағытталған ауа ағымының жылдамдығын көбейтіп сақиналы кеңістікті, ұңғыны шламнан толығымен тазарту. Бұл құрылғы ұңғыны айналсоқ әдісінің қысылған ауа ағымымен жұмыс істейтін пневмосокқыштарды қолдану арқылы диаметрі үлкен ұңғыларды бұрғылауға арналған [ 1 ].

Ұңғыны талқандалған тау жыныстарынан тазалауға керекті ауаның көлемі  $Q$  ауаның жылдамдығы  $v$  мен қыйманың ауданының  $F$  көбейтіндісіне тең екенін ескерсек, ауаның жылдамдығын көбейту үшін қыйманың ауданын азайту керек.

$$Q = F v, \text{ м}^3/\text{мин}$$

Алға қойылған техникалық мақсат - бұрғы құбырлары тізбегі мен ұңғы қабырғаларының арасындағы сақина тәрізді кеңістікті азайту. Ол үшін пневмосокқыштың үстіне бұрғы құбырларының тізбегімен концентрлі, диаметрі үлкен қосымша құбыр орнатылған.

Нәтижесінде шламды ұңғыдан шығаратын жоғары бағытталған ағымның жүретін саңлауы кішірейіп, жылдамдығы күрт көбейеді.

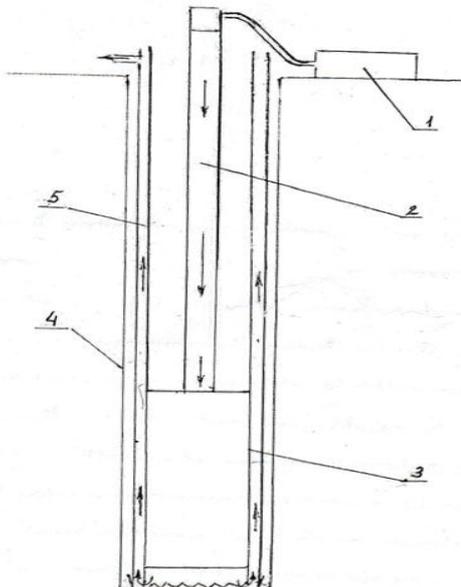
Сақина тәрізді кеңістіктің қыймасын кішірейтетін қосымша құбыр қолданып бұрғылағанда компрессордың өнімділігі 25 м<sup>3</sup>/ мин (0,42м<sup>3</sup>/сек) болғанда жоғары бағытталған ауа ағымының жылдамдығы 8-12 м/сек болуы үшін қосымша құбырдың диаметрі:

$$d^2 = D^2 - 4 Q / \pi v = 0,374^2 - 4 \times 0,42 / 3,14 \times 12 = 0,0953;$$

$d = 0,31 \text{ м} = 310 \text{ мм}$  болуы керек.

Ең жақын стандартты құбырдың диаметрі 299 мм.

Бұл қондырғының құрамына (1 -сурет) мыналар кіреді: компрессор 1, бұрғы құбырлар тізбегі 2, пневмосокқыш 3, ұңғы қабырғалары 4, қосымша құбыр 5.



**1-сурет.** Ұңғыларды пневмосокқышпен бұрғылауға арналған құрылым

Ұсынылған құрылғы арқылы бұрғылауда ұңғыны қысылған ауамен тазалау келесідей көріністе болады: компрессордан 1 шыққан қысылған ауа бұрғы құбырлары тізбегі 2 арқылы пневмосокқышқа 3 келіп оны іске қосады, ұңғы түбінен шламды іліп алады және ұңғы қабырғасымен 4, немесе шегендеуші құбырмен қосымша құбыр 5 арасындағы сақиналы кеңістікпен жоғары көтеріледі.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

1. Мусанов А., Шалбай А. Устройство для бурения скважин пневмоударниками. Инновационный патент 70772. Бюллетень № 11, 15.11.2011.
2. Володин Ю. Основы бурения. М: Недра, 1978.

Мусанов Ә., Шалбай А.

#### **Ұңғыларды пневмосокқышпен бұрғылауға арналған құрылым.**

**Түйіндеме.** Мақалада диаметрі үлкен ұңғыларды пневмосокқыштармен бұрғылаудың қиындықтары және оларды шешудің жолдары көрсетілген.

Түйінді сөздер: пневмосокқыш, шлам, жоғары бағытталған ағымның жылдамдығы.

Мусанов А., Шалбай А.

#### **Устойство для бурения скважин пневмоударниками.**

**Резюме.** В статье приведены осложнения, встречающиеся при бурении скважин большого диаметра пневмоударниками, и пути решения этой проблемы.

Ключевые слова: пневмоударник, шлам, скорость восходящего потока.

Musanov A., Shalbay A.

#### **The design for drilling wells by means of pneumatic percussor machines.**

**Summary.** The article is devoted to aggravations which can be met while drilling large diameter wells by pneumatic percussor machines. The ways of resolving the problems

**Key words:** pneumatic percussor machines, drilling cuttings, rising stream velocity

**Е.С. Сарыбаев**

(Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті,  
Алматы қ., Қазақстан Республикасы)

### **ЕЛДІ-МЕКЕНДЕРДІ ЖОСПАРЛАУДАҒЫ КҮРДЕЛІ БЕДЕРДІҢ РӨЛІ**

Елді-мекендердің тұрақты дамуы кез-келген мемлекеттің экономикалық дамуы үшін маңызы зор. Әлемдегі ірі қалалардың, елді мекендердің және ауылды аудандардың жағдайын жақсарту үшін көптеген шаралар жасалып, олардың ауқымы кеңейуде. Қазіргі кезде әлемдегі халықтың жартысына жуығы қала типіндегі елді мекендерде тұрады. Қалалардың мәселесі дамыған мемлекеттермен бірге дамушы мемлекеттер де алаңдатушылық туғызуда. Бірақ, урбанизацияның жоғарғы темпі дамушы мемлекеттерде байқалады. Урбанизация теріс мәселелермен қатар өз мүмкіншіліктер де туғызады. Ғаламдық урбанизация дегеніміз – тұрақты дамудың барлық аспектілеріне әсерін тигізетін құбылыс.

Халықтар мен шаруашылықтардың негізгі орналасу мекені қалалар болып табылады. Олардың шоғырлануы максималды аймақтарда, байланыс жүйесі мен жүйенің жіктелуі күрделі болып келеді.

Елді-мекендердің жоспарлы құрылысына және орналасуына белсенді әсер етуші фактор бедер. Территориядағы құрылыстар, ауылшаруашылық нысандардың орналасуы, территориялық құрылысты жоспарлау ең алдымен бедерге байланысты. Бедерді айқын танып білу үшін, яғни сараптама жүргізу үшін бедербөлшектерінің тереңдігін, қалыңдығын, беткейдің еңкіштігін көрсететін карталар құрастырылады. Осыған негізделі және геологиялық мәліметтерге (тау жыныстардың, оның ішінде шөгінді жыныстардың сипаттамасы) сүйене отырып, территорияның инженерлік жұмысының бағасы мен көлемі есептеледі[1].

Адамның инженерлік-құрылыстық және шаруашылық іс-әрекетінен геологиялық-геоморфологиялық орта белсенді түрде өзгереді. Әсіресе қалаларда геологиялық - геоморфологиялық ортаның өзгеру процесі интенсивті түрде жүреді. Мұнда адамзаттың табиғатқа тигізетін іс-әрекеті әртүрлі және маңызды.

Қала мен геологиялық-геоморфологиялық орта өзара тығыз байланысты. Қала белгілі бір геологиялық-геоморфологиялық ортада өмір сүреді және оған тәуелді. Геологиялық-геоморфологиялық орта қаланың профилін, жоспарын, құрылыс сипатын, инженерлік жағдайын және тұрмысын анықтай алады. Сондықтан да ізденушілер мен қаланы тұрғызушылар геологиялық-геоморфологиялық ортаның ерекшелігіне назар аударып, оның адамның іс-әрекетінің нәтижесінде өзгеруін ескертіп, зардаптарын алдын ала білуі керек.

Қала мен табиғи орта бір бүтін болып саналады. Олар бір-бірімен тығыз байланыста болады. Қаланың территориясы-бұл оның материалды негізі. Оны сәтті таңдап, дұрыс бағалап, көптеген табиғи жағдайларды ескере отырып рационалды пайдаланып, құрылыстар мен ғимараттардың беріктілігі мен ондағы тұратын халықтарға бақытты, таза өмірді қамтамасыз ету үшін саналы түрде жақсарту қажет.

Жердің беті белсенді түрде антропогендік өзгерістерге толған, жер қыртысы инженерлік-шаруашылыққа ұшыраған қазіргі кезеңде тек табиғи факторларды ғана ескеру жеткіліксіз. Барлық ізденушілер, құрылысшылар жобаны жасаушылар және қала тұрғызу мәселесімен айналысатын басқа да мамандар, табиғаттың антропогендік өзгеруін, оның сипатын және өзгеру бағытын ескеріп, білулері қажет[2].

Қалаларда табиғи жағдайлардың өзгеруі жасырын түрде жүріп, олар жергілікті ғана емес, сонымен қатар аудандық сипатта болады. Мұндай өзгерістер теріс бағытта жүреді. Құрылыстың, ғимараттар мен мекемелердің эксплуатациясын нашарлатып, территорияны шаруашылық мақсатта игеруде қиыншылықтар тудырады. Жобаның дұрыстап жүргізілмеуі бағалау, есептеу, болжам жасау кезінде қателіктерге әкеліп соғады. Қалалар мен өндіріс орталықтарындағы ғимараттар мен мекемелердің аварияға ұшырауы, бұзылуы, деформациясы антропогендік геологиялық процестер мен құбылыстардың болуына байланысты. Бұл жайт Москва, Санкт-Петербург Киев, Ташкент, Одесса, Баку секілді ірі қалалардағы осындай процестер мен құбылыстарды зерттеу арқылы дәлелденген.

Қайтымдыны қайтымсыздан ажыратып, жасырын өзгерістерді айқындау үшін табиғи жағдайлардың антропогендік өзгеру сипатын білу маңызды. Қайтымды және жасырын өзгерістерді

ескермеу өте қауіпті. Ол жобалардың дұрыс есептелмеуіне, деформациялануына кейде ғимараттардың құлауына әкеліп соғады.

Қазіргі қала материалды элементтердің күрделі комплексі болып табылады. Оның құрылымы өндірістік, коммуналды-қатпар зоналарынан, сыртқы транспорт зонасынан және т.б. тұрады.

Қаланың материалды элементтер құрамына кіретіндер: өндірістік энергетикалық мекемелер, жеке және қоғамдық мекемелер, көшелер, қала транспорты, коммуналды-тұрмыстық мекемелер, жер асты коммуникациялары, темір жол станциялары, теңіз және өзен порттары, аэропорттар, жасыл желектер, питомниктер және т.б. барлық материалды элементтер өзара байланысты.

Құрылыс процесі, мекемелер мен ғимараттардың эксплуатациясы, қаланы жақсарту жұмыстары, қаладағы халықтың шаруашылық және өндірістік іс-әрекеті табиғи жағдайлар мен жергілікті ландшафт көрінісін өзгертеді. Бір жағынан адамдар табиғатқа тәуелді. Олар бедерді, гидрографияны, өсімдік жамылғысын және бедер ерекшеліктерін ескеріп, қаланы жергілікті табиғи ландшафтқа енгізгісі келеді. Ал тағы бір жағынан олар табиғатты игеріп, оны өзгертпек те ойлары бар. А.Е. Ферсман бойынша табиғат пен адамзатарасындағы екі түрлі байланыс бар: адамзаттабиғатты өзгертеді, бірақ оның өзі табиғатқа тәуелді.

Адамзаттың табиғатқа әсері мақсаттық және апатты болып бөлінеді. Біріншісіне табиғи жағдайларды жақсарту үшін өндіргіш күштер мен табиғи ресурстарды пайдалануға бағытталған іс-шаралар жатады: беткі суларды реттеу, су басудан қорғану, өзендердің режимін қадағалау, грунт суларының деңгейін жасанды төмендету, суландыру, абразиямен, өзен эрозиясымен, сырғымалармен, селдермен, батпақтанумен, карстпен, грунттық техникалық мелиорациясымен және т.б. күрес. Екіншісіне табиғи территория қаланың барлық өндірістік емес іс-әрекеттерінің қатынасы жатады. Мұның сипаты зардапты және резонансты [3].

Сонымен бірге адамзаттың табиғатқа әсері тура және жанамалы болып та бөлінеді; ұзақтығына байланысты ғасырлық, ұзақ және қысқа мерзімді; таралу аумағына байланысты - жергілікті (локальды), ірі ауданды, және аумақтық болып жіктеледі.

Табиғи бедер қала территориясын тік бағытта жоспарлағанда өте тез өзгереді. Сонымен қатар әртүрлі факторлардың әсерінен бірігіп кетеді. Қаладағы табиғи бедердің өзгеруіне келесі заңдылықтар тән: нивелирлеу (кесу, себу, жабу), беттегі геоморфологиялық төбе мен ойыстарды тегістеу, табиғи микробедердің біртіндеп жойылуы, антропогендік микробедердің қалыптасуы (қорғандар, дамбалар, үйінділер, жол төселімдері және т.б.).

Адамның әсерімен өзгерген бедерді табиғи бедерден ажырату оңай. Бедерге баға беріп, сараптау кезінде инженерлік-геоморфологиялық карта қате құрастырылуы мүмкін.

Антропогендік-геоморфологиялық процестерге қала телімдерінің сипаттық байланыста орналасуы әсер етеді, ол ең алдымен бедердің сипатына байланысты. Климаттық сипаттың мардымсыз өзгеруін, бедердің ерекшеліктерін ескере отырып, кез-келген қала үшін келесі территориялық комплекстерді бөліп көрсетуге болады:

1. *Қабатты құрылыс (тұрғын үй және өндірістік)* өтпелсіз аудандар санының көпшілігімен ерекшеленеді. Жалпы ауданда ғимараттар мен асфальтты жамылғылар басым, ал ашық көгалдандырылған телімдерде жолдар көптеп салынған.

2. *Жеке құрылыстар.* Мұндай құрылыстарға үлкен емес аумақты алып жатқан, жолдары асфальттанған, грунтты жамылғысы бар бірқабатты құрылыстар тән.

3. *Құрылыссыз, құрылысы бітпеген* кеңістікке ыңғайсыз резервті жерлер, ауыл шаруашылық жерлері бар (бақ, жайылым, бау және т.б.) бос аумақ.

4. Қаланың территориясында сақталған *табиғи массивтер* [4].

Қала территориясындағы бедертүзуші процестерді сан және сапа төңірегінде сипаттау өте қиын. Бірақ осы процестердің ауданының инженерлі-шаруашылық объектісі мен өте жақын болуы, халықтық-шаруашылық баға беруде рөлі артады.

Сонымен қатар территориядағы урбанизацияның артуы байқалса, осы территорияда көрініс алған геоморфологиялық процестердің артуы да байқалады.

Қазіргі таңда бұл мәселе аз зерттелген және әрі қарай зерттеуді қажет етеді. Қала территориясындағы қазіргі геологиялық процестерге байланысты біз оның жағдайын біліп, қандай да бір іс-шаралар қолдана аламыз.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. Арманд А.Д. «Антропогенное воздействие на компоненты природы» МГУ 1992 г.
2. Владимиров В.В., Микулина Е.М., Яргина З.Н. «Город и ландшафт» –М.:Мысль. 1986 г.
3. Горшков С.П. Экзодинамические процессы освоенных территорий –М.:Наука, 1982.С.286.
4. Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М: Недра. 1978.С. 31№

Сарыбаев Е.С.

**Елді-мекендерді жоспарлаудағы күрделі бедердің ролі.**

**Түйіндеме.** Табиғи бедер барлық жағдайда елді-мекенді жоспарлау талаптарына сәйкес келе бермейді. Территориядағы құрылыстар, ауылшаруашылық нысандардың орналасуы, территориялық құрылысты жоспарлау ең алдымен бедер ерекшеліктеріне байланысты.

Сарыбаев Е.С.

**Роль сложного рельефа в планирование населенных пунктов.**

**Резюме.** Естественный рельеф не всегда и не в полной мере удовлетворяет градостроительным требованиям, предъявляемым к территории города в целом и жилым районам в частности. Рельеф и его формы учитываются при расположении зданий и влияют на общую композицию застройки

Sarybayev E.

**The role of the relief in the planning of settlements.**

**Summary.** Natural relief not always fully satisfy town planning requirements for the city in general and the residential areas in particular. Topography and its forms are considered when the location of buildings and affect the overall composition of building

УДК 532.517.4

**Б. Жұмабай, А.Ж. Тұрмұхамбетов**

(Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті, Қазақстан Республикасы)

**ТУРБУЛЕНТТІК АҒЫСТАҒЫ ҚҰЙЫНДАРДЫҢ СИММЕТРИЯЛЫҚ ЕМЕС ӨЗАРА  
ӘРЕКЕТТЕСУІ**

Турбуленттіліктің негізгі статистикалық сипаттамаларына жылдамдықтың орташа квадраттық лүпілдерінің квадраттық түбіріне пропорционал турбуленттіліктің әр бағыттағы қарқындылығы, лүпілдердің кинетикалық энергиясының жиіліктер бойынша уақыт аралығындағы үлестірілуі және корреляция коэффициенттері арқылы табылатын турбуленттіліктің масштабы жатады. Турбуленттік ағын еркіндігінің макроскопиялық дәрежелер саны көп болады, яғни, мұндай ағын масштабтардың спектрімен сипатталады. Бірақ, осы спектрден мынадай пайымдауларға сүйене отырып, шартты түрде үш негізгі масштабты бөліп алуға болады. Турбулентті орта қозғалысының барысында өлшемдерін ағыстың сипаттаушы өлшемдерімен (құбырдың радиусы, шекаралық қабаттың қалыңдығы және т.б.) салыстыруға келетін сұйық газ көлемдер пайда болады. Үлкен құйындар деп аталатын мұндай көлемдердің өлшемдері тұтқырлықты ескермеуге болатын турбуленттіліктің үлкен масштабтарын анықтайды. Турбуленттік диффузия процесінде бұл үлкен құйындар өлшемдері кішірек, бірақ әлі де болса инерциялық құбылыстар тұтқырлыққа қарағанда басым болатын, құйындарға ыдрайды. Пайда болған кішкентай құйындар масштабтың инерциялық аралығына жатады. Олар конвекция мен турбуленттік диффузияға қатыса отырып, өз кезегінде, тұтқырлық диффузия мен кинетикалық энергияның тұтқырлық диссипациясы әсер ететін, масштабы кішкентай өте ұсақ құйындарға ыдрайды. Мұндай модельде құйындардың өзара әсері күрт шектеледі. Оған қоса, тұтқырлықтың әсері де, құйындар масштабтары спектрі бойынша үзіліссіз үлестірілгенмен, күрт шектеледі. Осындай кемшіліктеріне қарамастан, масштабтарды үш аймаққа бөлу әдісі, турбуленттілікті зерттеуде айтарлықтай табыстарға әкеледі. Турбуленттіліктің құрылымын зерттеу үшін оны біртекті және изотропты деп қарастыру қолайлы. Егер кеңістіктің барлық нүктелерінде барлық статистикалық үлестірулер бірдей болса, ондай турбулентті орта біртекті деп аталады. Егер

оған қоса статистикалық үлестірулер өздері салыстырмалы есептелген осьтердің кез келген бұрылуларына және айналық шағылуына инвариантты болса, ондай ортаны изотропты дейді. Әдетте біртекті изотропты турбуленттілікті қысқаша дамыған деп атайды. Әрине, дамыған турбуленттік орта қатаң мағынада табиғатта кездеспейді. Бірақ, А.Н.Колмогоровтың [1], А.М.Обуховтың [2], атакты еңбектері арқасында Рейнольдс санының үлкен мәндерінде локальды дамыған турбуленттілік туралы сөз етуге болады.

Жалпы турбуленттік ағыстар үшін гидродинамикалық теңдеулерді тек  $\vec{r}$  – координатаға және  $t$  уақытқа тәуелді кездейсоқ функциялар үшін қолдануға болады. Оларды, айқын болу үшін, үстінен толқын сызықпен белгілейік, мысалы кездейсоқ жылдамдық  $\tilde{\mathcal{G}}$ . Онда, турбуленттік қозғалысты сипаттайтын кездейсоқ шамалар: жылдамдық, тығыздық, температура былай өрнектеледі:

$$\tilde{\mathcal{G}}(\vec{r}, t) = \langle \bar{\mathcal{G}} \rangle + \bar{\mathcal{G}}'; \quad \tilde{\rho}(\vec{r}, t) = \langle \bar{\rho} \rangle + \rho'; \quad \tilde{T}(\vec{r}, t) = \langle \bar{T} \rangle + T',$$

мұндағы  $\langle \rangle$  белгі орташалауды, штрих – лүпілді өрнектейді. Біртекті және изотропты турбуленттілік үшін  $\langle \bar{\mathcal{G}} \rangle = 0$ , сондықтан  $\tilde{\mathcal{G}} = \bar{\mathcal{G}}'$ . Олай болса, кинетикалық энергияның баланыс теңдеуі қарапайым түрге келеді:

$$\frac{\partial}{\partial t} \left( \rho \frac{\langle \tilde{\mathcal{G}}^2 \rangle}{2} \right) = -\rho \varepsilon,$$

мұндағы  $\varepsilon$  – Колмогоров параметрі

$$\varepsilon = \frac{\nu}{2} \left\langle \left( \frac{\partial \tilde{\mathcal{G}}_i}{\partial r_j} + \frac{\partial \tilde{\mathcal{G}}_j}{\partial r_i} \right)^2 \right\rangle.$$

Яғни, Колмогоров параметрі үлкен масштабты турбулентті флуктуациялардың үлесіне пропорционал болады.

Қозғалыстың негізгі сипаттамалары: ұзындықтың, уақыттың және жылдамдықтың ең үлкен масштабтарын  $L, t, U$ ; ең кіші масштабтарын  $L_0, t_0, U_0$  деп, ал локальды біртекті турбуленттіліктің масштабтарын  $L^0, t^0, U^0$  деп белгілейік. Онда, жоғарыда айтылғандай, масштабтардың екі аймағын қарастыруға болады:

инерциялық аралық  $L > L^0 > L_0, t > t^0 > t_0$ ;

тұтқырлық аралық  $L^0 \sim L_0, t^0 \sim t_0$ .

Қабылданған модельдің негізінде, біріншіден дамыған турбулентті ортаның еркіндік дәрежесінің саны өте үлкен болады, екіншіден, ортаның бірлік массасының кинетикалық энергиясы

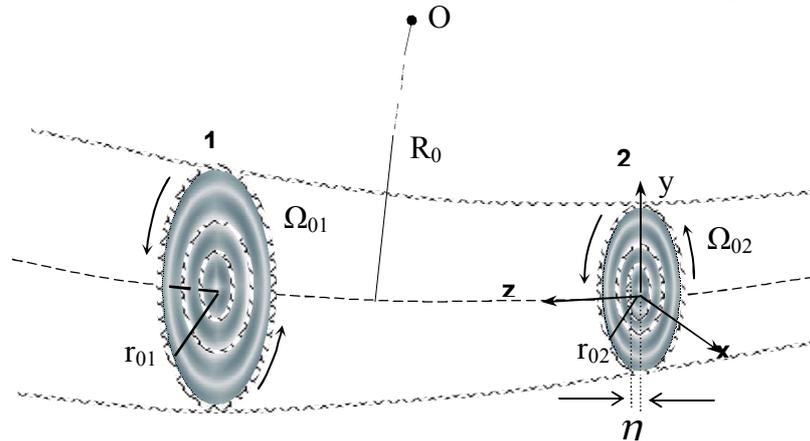
$$E(k) \sim \varepsilon^{2/3} k$$

мұндағы  $k \sim \frac{1}{L^0}$  лүпілдердің толқындық саны, деген қорытындыларға келуге болады.

Алынған нәтижелер дамыған турбуленттілікті зерттеуге, мысалы, жылдамдықтар корреляциясын есептеуге негіз бола алады. Бірақ, бұл әдістің әлі де болса шешілмеген белгілі қиыншылықтары да жоқ емес. Сондықтан турбуленттілікті заманауи зерттеулерде жаңа модельдердің, жаңа әдістердің маңызы зор.

Көптеген тәжірибелердің нәтижелерінен турбуленттік ағыстардың құйындық құрылымы байқалады [3]. Пайда болған үлкенмасштабты құйындар өзара әсерлесіп, нәтижесінде ағынның төмен жағында дамыған турбуленттіліктің ұяшықты құрылымы қалыптасады. Кіші масштабтарда осы сурет қайталана береді, яғни, құйындардың ыдырауы - өз өзіне ұқсас процесс. Денеден кейін, немесе қатты бетке жақын қашықтықтарда қарама – қарсы бағыттарда айналатын құйындық баулар пайда болуы мүмкін. Құйындық баулардың деформациялары, олардың өзіндік жылдамдық өрісімен әрекеттесуі геометриясы күрделі кеңістіктік құйындық құрылымдардың тууына себеп болады. Осындай күрделі құбылыстарды зерттеуге турбуленттіліктің квазикиөлшемді моделін қолдану біршама нәтижелер береді [4, 5].

Кеңістіктік масштабтарын, құйындардың өлшемдерін ескермейтіндей, яғни оларды нүктелік деп таңдасақ, құйындардың қозғалысы үнемі үшөлшемді, турбуленттілік кәдімгі мағынада ретсіз құбылыс болып көрінеді. Бірақ, әрқашан негізгі (орташаланған) ағын аясында құйындардың өз масштабында (құрылымдардың өзіндік ұйымдасу физикалық масштабтарында) сұйықтықтың құйындық түтіктердің қимасында айналу үдеуімен байланысты екіөлшемді қозғалысты бөліп алуға болады. Айнарудың бір бағытта басым болуы құйындық түтіктердің созылуымен (деформациямен) байланысты. Әрине, қатаң екіөлшемді, деформация жоқ болатын қозғалыста мұндай эффект байқалмайды. Сондықтан, құйындық түтіктердің бойлығында қарқындылығы лүпілге жақын қозғалыс бар деп қабылдау қажет. Осы баяндалған модельдің бейнесі 1- суретте беріліп отыр.

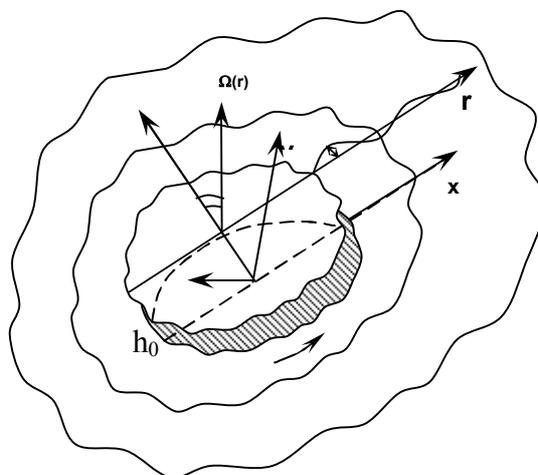


**1-сурет.** Құйындық баулардың созылуы.

Қозғалыстың квазиекіөлшемдігі  $ho$  жазықтығындағы айналмалы қозғалыс пен кез келген қимадағы құйын бетінің  $\eta = \eta(x, y, t)$  стационар емес лүпіл қозғалыс арасындағы байланыстан туады.

$R_0$  - құйындық баудың радиусы,  $r_{01}, r_{02}$  – құйындар ядроларының радиустары,  $\Omega_{01}, \Omega_{02}$  - 1.2 қималардағы қозғалыстардың бұрыштық жылдамдықтары,  $\eta$  - құйын беті деңгейінің өзгеруі

Ядросының радиусы  $r_0$ , бұрыштық жылдамдығы  $\Omega_0$ , ашық еркін беті бар квазиекіөлшемді құйындық түйдектің сұлбасы 2-суретте кескінделген. Құйын беті деңгейінің  $\eta(x, y, t)$  заңдылыққа сәйкес ұйытқуы және қозғалыстың орташаланған сипаттамаларының  $h_0$  - кішкентай қалыңдық аралығында ескермеуге болатындай аз өзгерулері қозғалысты квазиекіөлшемді деп қарастыруға мүмкіндік береді.



**2-сурет.** Квазиекіөлшемді құйындық баудың сұлбасы

Мұнда  $\theta$  арқылы құйын ядросының  $\bar{\Omega}_0$  бұрыштық жылдамдығы мен  $\gamma$  қашықтықта орналасқан бөлшектің  $\bar{\Omega}(\vec{r})$  бұрыштық жылдамдығы бағыттарының арасындағы бұрыш белгіленген.

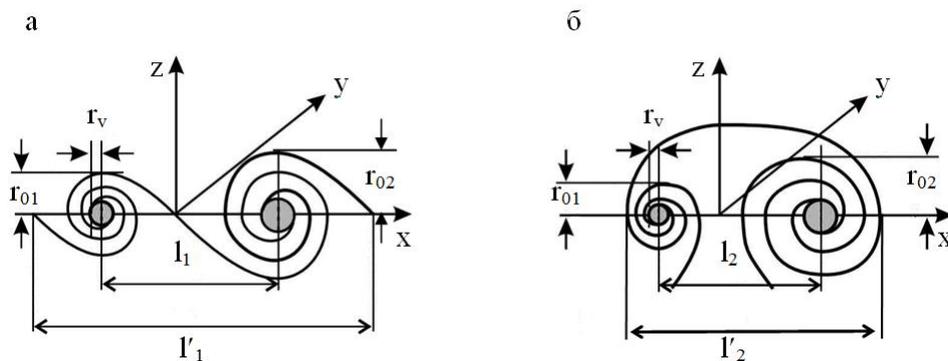
Құйын ядросының  $\bar{\Omega}_0$  бұрыштық жылдамдығы  $\Omega_0 \sim \frac{v_0^2}{V}$  түрінде турбуленттіліктің жылдамдығы  $v_0$  сыртқы ағын тарапынан стационарлық генерация шартынан анықталады.

Құйындық қозғалыс әр нүктеде  $rot \bar{\mathcal{G}}$  құйындалумен сипатталады. Құйындалудың қайсыбір орташа шамасы сыртқы әрекеттердің (негізгі ағын, біртекті емес динамикалық, температуралық өрістер және т.б.) турбуленттілікті тұрақты тудыруы арқылы сақталып отырады. Бастапқы  $\Gamma_0 = 2\pi\Omega_0 r_0^2$  циркуляция мен  $\bar{\Omega}(r)$  жылдамдық арасындағы байланыс Томсон теоремасымен анықталады:

$$\int_F \langle rot \bar{\mathcal{G}} \rangle dF_0 = 2 \int_F \bar{\Omega}(r) dF_0 = \Gamma_0$$

Журналдық басылымының мүмкіншілігіне орай жоғарыда мейілінше толығырақ баяндалған модельдің негізінде құйындардың симметриялық өзара әрекеті зерттеліп [6], олардың ядролары орталарының арасындағы қашықтық анықталған болатын. Бұл жұмыста құйындардың симметриялы емес өзара әрекеті қарастырылады.

Эволюция барысында геометриялық өлшемдері (ядроларының  $r_{0i}$  радиусы) немесе  $\bar{\Omega}_{0i}$  бұрыштық жылдамдықтары айырықша екі құйыннан тұратын жүйені зерттейік (3 - сурет).



**3-сурет.** Симметриялы емес өзара әрекеттескен құйындардың сұлбалары. а) элементтері бір бағытта айналған; б) элементтері қарама – қарсы бағытта айналған құйындар кластерлері.

Теориялық нәтижелерді тәжірибелік мәліметтермен ядро радиустарының қатынасы түрінде салыстыру қолайлы болғандықтан, екі құйыннан тұратын жүйенің симметриялы еместігін циркуляциялардың қатынасы түрінде қарастырайық [5]. Мұндай модель, әсіресе қысымның теңелуіне байланысты бұрыштық жылдамдықтары тең болатын  $\bar{\Omega}_{01} = \bar{\Omega}_{02}$ , яғни, құйындар өлшемдерінің өзгеруі циркуляциялардың өзгеруіне эквивалентті болатын, біртекті турбуленттілік немесе еркін ағындар үшін орынды болады.

Симметриялы еместік факторын мына параметрмен өрнектейік:

$$\alpha = \frac{\Omega_{02} r_{02}^2}{\Omega_{01} r_{01}^2}, \quad (1)$$

мұнда  $r_{0j}$ ,  $\Omega_{0j} (j=1,2)$  - құйындар ядроларының радиусы және олардың бұрыштық жылдамдықтары. Құйындар жүйесінің кез келген О нүктесіндегі қорытқы құйындалу бұрынғыша анықталады [6].

$$\Omega_j(r) = \Omega_{01} r_{01}^2 \left( \frac{\alpha}{r_2^2} \pm \frac{1}{r_1^2} \right), \quad (2)$$

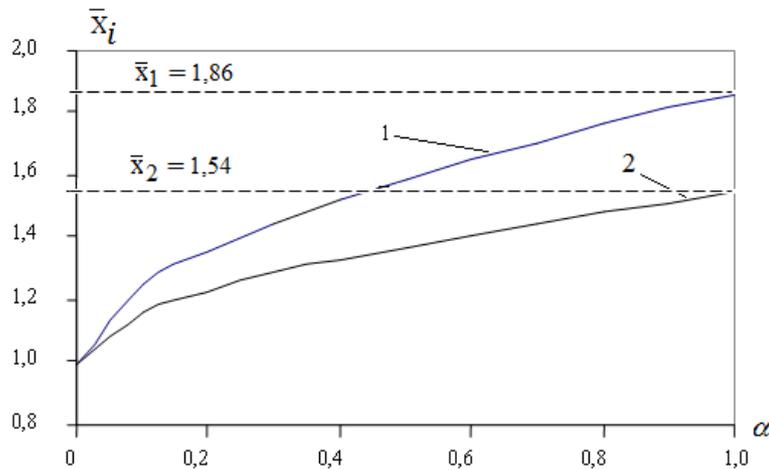
мұнда  $\langle\langle + \rangle\rangle$ ,  $\langle\langle - \rangle\rangle$  таңбалары қос құйындар элементтерінің ( $j=1, 2$ ) бір бағытта  $\langle\langle + \rangle\rangle$  және қарсы бағытта  $\langle\langle - \rangle\rangle$  айналуларына сәйкес.

$\alpha$  шаманың мәні  $0 \leq \alpha \leq 1$  аралықта жатыр: яғни, анықтама бойынша ол нольден кіші бола алмайды (1), ал біден үлкен болса, тек құйындардың номерін ауыстыру керек. Шекті  $\alpha \approx 0$  жағдайда жүйе бір құйыннан құрылады, ал  $\alpha = 1$  - бұрын қарастырылған құйындардың симметриялы өзара әрекеті [6]. Ары қарай косинустар теоремасын және энстрофия моментінің инварианттығын қолданып,

$$\frac{\sqrt{\bar{x}_1}}{2} \{(\bar{x}_1^2 + 1)(1 + \alpha) - 2\bar{x}_1(1 - \alpha)\} = (\bar{x}_1^2 - 1)^2; \quad (3)$$

$$\frac{\sqrt{\bar{x}_2}}{4} \{2\bar{x}_2(1 + \alpha) - (\bar{x}_2^2 + 1)(1 - \alpha)\} = (\bar{x}_2^2 - 1)^2; \quad (4)$$

Теңдеулерге келеміз мұндағы  $\alpha$  (1) – формуламен есептеледі;  $\bar{x}_1 = \frac{l_1}{r_{01}}$ ;  $\bar{x}_2 = \frac{l_2}{r_{01}}$ ,  $l_{1,2}$  - бір бағытта, немесе қарсы бағыттарда айналған құйындар ядроларының арасындағы қашықтық. (3), (4) – теңдеулердің сандық шешімдері 4-суретте бейнеленген.



**4-сурет.** Құйындардың симметриялы емес өзара әрекеті барысында алма – кезек ауысудың минималды масштабтарының өзгеруі. 1- құйындардың бір бағытта айналуы, 2- қарсы бағыттарда айналуы

Суретке қарағанда (3), (4) теңдеулердің  $\alpha = 1$  болған кездегі шешімдері бұрын алынған [6] шешімдермен бірдей, ал  $\alpha = 0$  болғанда жоғарыда күткендей,  $\bar{x}_1 = \bar{x}_2 = 1,0$ . Яғни,  $\alpha = 0$  шарты екінші құйынның жоқ болуына, немесе,  $r_{0i} \gg r_{0j}$  шартына сәйкес. Бұл кезде  $l_i$  құйын ядросының шегімен тең болуы керек, яғни,  $l_1 = l_2 = r_0$ .

Алынған нәтижелер, бұрын айтылғандай, турбуленттіліктің ерекше қасиеті – алма-кезек ауысу қашықтығын есептеуге мүмкіндік береді. Яғни, стохастикалық динамикалық жүйе ретінде турбуленттік ағыстарда динамикалық сипаттамалардың (жылдамдық, қысым, температура және т.б.) кішкентай масштабты лүпілдер амплитудалары үлкен масштабты лүпілдермен ауысып отырады. Тәжірибелерде мұндай алма-кезек ауысу, қарастырып отырған нүктелерде кеңістікте бөлінген құйындық құрылымдардың әр түрлі даму деңгейінде өтуі арқылы байқалады. Сондықтан, [7] жұмысқа сәйкес жеткілікті түрде дәлдікпен анықталатын динамикалық шама – алама-кезек ауысу қашықтығын қарастыруға енгізуге болады.

$$\varepsilon = l/d_0 \quad 0 \leq 1/\varepsilon \leq 1,$$

мұнда  $l$  – құйындар орталарының арасындағы қашықтық;  $d_0 = 2r_0$  - құйындар ядроларының диаметрі. Алма-кезек ауысу қашықтығы  $\lambda$ -ның сандық мәндері турбуленттік ағындардың жеке-дара түрлерін анықтауға мүмкіндік береді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

1. Колмогоров А.Н. Локальная структура турбулентности в несжимаемой жидкости при очень больших числах Рейнольдса // Доклады АН СССР. – 1941. - Т.30, N4. – С. 299-303.
2. Обухов А.М. О распределении энергии в спектре турбулентного потока // Доклады АН СССР. – 1941. – Т32, N1. – С. 22-24.
3. Ван – Дайк М. Альбом течений жидкости и газа. – М.: Мир, 1986. – 181с.
4. Жанабаев З.Ж. Лагранжево описание однородной турбулентности // ЖЭТФ. – 1992. – Т. 102, вып. 6(12). – С.1825-1837; American Inst. of Physics. – 1993. – P. 983-989.
5. Жанабаев З.Ж., Тарасов С.Б., Турмухамбетов А.Ж. Фракталы, информация, турбулентность. – Алматы: Издательство ВАК РК, 2000. – 228с.
6. Жұмабай Б., Турмухамбетов А.Ж. Гидродинамикалық турбуленттіліктің кеңістіктік масштабтары // Вестник КазНТУ. – 2013. – N1. – С. 225-232.
7. Кузьмин Г.А., Лихачев О.А., Паташинский А.З. Структурная турбулентность в свободном сдвиговом слое. В сб. Структурная турбулентность под ред. Гольдштика М.А. – Новосибирск: НГУ, 1982. – 166с.

Жұмабай Б., Турмухамбетов А.Ж.

#### **Турбуленттік ағыстағы құйындардың симметриялық емес өзара әрекеттесуі.**

**Түйіндеме.** Турбуленттілік оның ерекше қасиеті құрылымдылық негізінде қарастырылған. Турбулентті органы зерттеуге негіз ретінде екі құйындардың өзара симметриялы емес әрекетінен пайда болатын кластерлер моделі алынған. Кластерлердің түрі мен масштабтары әрекеттесуші құйындардың салыстырмалы бағыттары мен өлшемдеріне тәуелді. Теориялық зерттеу нәтижесінде екі түрлі құрылымдардың универсал кеңістіктік масштабтары анықталған. Табылған сандық мәндер белгілі тәжірибелік деректермен салыстырылып, олардың өзара сәйкестілігі дәлелденген.

**Анықтаушы сөздер:** турбуленттілік, құрылымдар, құйын, кеңістіктік масштабтар.

Жумабай Б., Турмухамбетов А.Ж.

#### **Несимметричное взаимодействие вихрей в турбулентном течении.**

**Резюме.** Турбулентность рассмотрена на основе ее свойства структурности. Исследования проведены с применением модели кластеров, возникающих в результате несимметричного взаимодействия двух вихрей. Вид и масштабы образований зависят от относительных направлений вращения вихрей и их размеров. В результате теоретического исследования определены универсальные пространственные масштабы для двух типов взаимодействия вихрей. Найденные численные значения масштабов подтверждаются известными визуальными картинками реальных течений.

**Ключевые слова:** турбулентность, структуры, вихрь, пространственные масштабы.

Zhumabay B., Turmukhambetov A.

#### **Asymmetric interaction of eddies in a turbulent flow.**

**Summary.** Turbulence is considered on the basis of its properties of structure. The studies were performed using a model of clusters arising from asymmetric vzaymodeystviya two vortices. The type and extent of the formation depends on the relative direction of rotation of the vortices and their size. A theoretical study identified universal spatial scales for the two types vzaymodeystviya vortices. Found the numerical values of the scale confirms the known visual depiction of real flows.

**Key words:** turbulence, the structure of the vortex, spatial scales.

**М.А. Алтаев, А.А. Досмаканбетова, Г.Д. Пазилова, А.Сарбасов, О.С. Балабеков**  
(М.Әуезов атындағы ОҚМУ, Шымкент қ. Қазақстан Республикасы)  
(Оңтүстік Қазақстан педагогикалық институты, Шымкент қ. Қазақстан Республикасы)

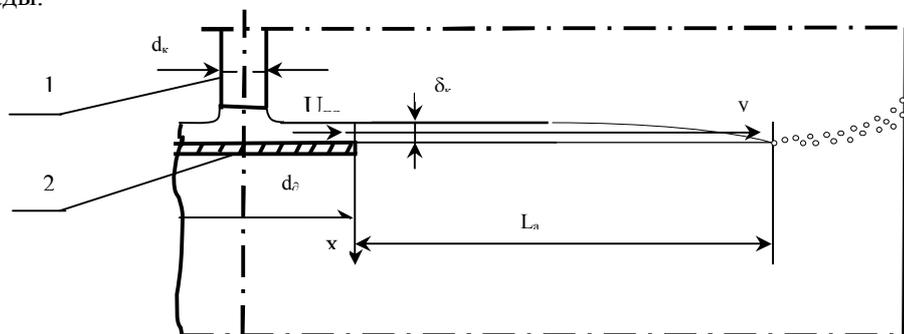
**АППАРАТТАҒЫ АУАНЫҢ (ГАЗДЫҢ) ЕКПІНДІ АҒЫНЫМЕН ПАЙДА БОЛҒАН СҰЙЫҚ ТАМШЫЛАРЫМЕН ӘСЕРЛЕСУ РЕЖИМІН МОДЕЛЬДЕУ**

**Аңдатпа.** Дөңгелек тегіс тарату дискінің беті бойынша сұйық ағынының симметриялы ағу заңдылықтарын ескере отырып, сұйық ағынының үш бағыты қарастырылды. Гидродинамикалық тұрақты бағытта, меншікті энергияның минимумын ескере отырып, тұрақталған қабықшаның қалыңдығы анықталды, сонымен бірге алынған тәуелділіктерді пайдалана отырып, құйылу құрылғысы бар табақшалы аппараттағы сұйық қабықшасының қалыңдығы мен орташа ағу жылдамдығы анықталды. Сұйық ағынының тұрақты шарты бойынша, сонымен бірге алынған тәуелділіктерді ескере отырып, тамшылардың диаметрі мен ағынның ұзындығын анықтауға арналған қорытынды өрнек анықталды.

**Кілтті сөздер:** қабықша қалыңдығы, тамшы диаметрі, таратқыш диск, құйылғы құрылым, ағынның ағу жылдамдығы.

Жұқа қабықты табақшалы аппараттың құйылу құрылғысынан аққан сұйықтың, жұқа қабық түрінде, аппараттың көлденең қимасын толығымен жабуы құйылғыдағы саңылаудың өлшеміне, таратқыш дискінің диаметрі және сұйықтың шығынына байланысты. Таратқыш дискінің диаметрі  $d_t$  сұйықтың дөңгелек жұқа қабық түрінде таралу диаметріне және оның ұзындығына әсерін тигізеді, бірақ негізгі анықтаушы факторы болып жұқа қабық ағынның жылдамдығы  $u_k$  болып саналады.

Визуальді көрудің нәтижесінде (сурет 1), біртекті дөңгелек жұқа қабықтың ағыны аппараттың қабырғасына жақындағанда майда тамшыларға майдаланып, соқтығысудың нәтижесінде коагуляцияланып (бірігіп), жұқа қабық түрінде қабырғаның бойымен ағып, келесі табақшаға бағытталады.



1- құйылғы құбыр; 2- таратқыш диск

**1-сурет.** Фазаларды екі зонада түйістіретін аппараттың құйылғы құрылымынан сұйықтың жұқа қабық түрінен тамшыға айналуы

Мұндай көрініс аппараттағы ауа ағынының тегеуріні ұлғайған сайын анық байқалады. Мысалы,  $W_c=1,6-1,8$  м/с жылдамдықтан кейін біртекті дөңгелек жұқа қабық майда тамшыға тезірек майдаланады, ал  $W_c=4,0-4,5$  м/с асқанда құрылымдағы сұйықтың тамшылы ағыны жоғары бағытталады, яғни ауаның тегеуріні жұқа қабықтың майдаланған тамшыларын толығымен ілестіріп алып кетеді. Сондықтан құйылған құрылымның жұмыс режимін ауа ағынының  $W_c=0,8-4$  м/с жылдамдығында деп қабылдаймыз.

Координатаның  $0$  орталығы арқылы  $Z$  бағытына қарай өтетін қимадағы сұйық ағынының бастапқы жылдамдығын  $u_a = u_k$  деп қабылдауға болады, онда оның қозғалу траекториясындағы теңдеу келесідей көрініс табады.

$$X = \frac{\partial y^2}{2u_k^2} \quad (1)$$

мұндағы,  $x$  және  $y$  - координаттар,  $u_k$  - сұйық қабықшаның жылдамдығы.

Сонда

$$Y = u_k \sqrt{\frac{2x}{\partial}} \quad (2)$$

$0$  координат ортасындағы  $W_2$  жылдамдықпен қозғалатын газды ауа ағынның тегеурінін ескерсек:

$$X = \xi_a \frac{W_r + g\delta_k}{g^2} \quad (3)$$

Онда ағынның ағу ұзақтығын аламыз (сурет 1):

$$L_a = Y = u_k \sqrt{\frac{\xi_a + g\delta_k}{g^2}} \quad (4)$$

Бұл теңдеулерде:  $\xi_a$  - газдық ағынға сұйық ағынның кедергі коэффициенті,  $0,4$  тең (цилиндрлік дене үшін);

$\delta_k$  - қабықшаның қалыңдығы

Табакшалы бағаналы аппараттардағы құйылу құрылғысының аз жылдамдықта болатын ағынның тұтас бөлігінің ұзындығын анықтау үшін симметриялы деформация жағдайында ұсынылған екі теңдеуді қолдануға болады:

$$L_a = 8,4u_a \sqrt{\frac{\rho_c \cdot d_a \cdot 3}{8\delta_k}} \quad (5)$$

Еркін деформация үшін:

$$L_a = 2,5 \frac{u_a d_a v_a \rho_c}{\delta_k} \quad (6)$$

мұндағы,  $u_a$  - ағынның жылдамдығы;  $d_a$  - ағынның диаметрі;  $\rho_c$  - сұйықтың тығыздығы;  $\sigma$  - беттік керілу;  $v_c$  - сұйықтың кинематикалық тұтқырлық коэффициенті.

Таратқыш дискінің тек бір бетімен шектелген, қарастырылып отырған сұйықтың жұқа қабық түрінде ағу вариантына соңғы формула едәуір сәйкес келеді. Мұнан басқа, сұйықтың жұқа қабығы майда тамшыларға майдаланғаннан кейін оған газ ағынының көлденең күші әсер етеді. Сондықтан симметриялық деформацияның болуы мүмкін емес.

$u_a = u_k$  жылдамдығында ағатын сұйықтың жұқа ағынының тұтас бөлігін (6) теңдеуі бойынша анықтау үшін біртекті тұтас ағынның диаметрін анықтау қажет. Бұл мақсатта біртекті тұтас ағынның тұрақтылық шартын қолданамыз.

Цилиндрлік ағынның  $F_a$  бетіндегі беттік керілуін игеруге кететін энергия мынаған тең:

$$\mathcal{E}_a = \sigma \cdot F_a \quad (7)$$

мұнда

$$F_a = \pi d_a \cdot L_a \quad (8)$$

Бастапқы жылдамдықпен  $u_a = u_k$  қозғалғандағы ағынның энергиясы мен  $W_2$  жылдамдығымен қозғалғандағы тұтас ағынның айналып өту кезіндегі энергиясынан тұратын жалпы энергия:

$$\mathcal{E}_a = m_a \frac{(u')^2}{2} \quad (9)$$

мұндағы

$$m_a = \rho_c \frac{nd_a^2}{4} \cdot L_a \quad (10)$$

$u'$  - Колмогоров-Обуховтың заңымен [1] анықталатын орташа пульсациялық жылдамдық

$$(u')^2 = D_3^{2/3} L_a^{2/3} \quad (11)$$

мұндағы,  $D_3$ - диссипация энергиясы;  $L_a = d_a$  - пульсация масштабы.

$$D_3 = \frac{N_a}{m_a} \quad (12)$$

мұндағы,  $N_a$  - бастапқы жылдамдығы  $u_a = u_K$  қозғалатын ағынның тұтас бөлігімен және  $W_2$  жылдамдығымен қозғалатын айналып өтетін құйынды ағынның қуаты:

$$N_a = P_a \cdot u_K = \xi_a d_a \lambda_a u_K \frac{\rho_c W_2^2}{2} \quad (13)$$

мұндағы:  $P_a$  - айналып өтетін ағынға сұйық ағынның кедергі күші, Н.

Сұйық ағынының тұрақтылық шартынан, (7) және (9) өрнектерінің теңдіктерін сақтай отырып, (8) және (10) ескере отырып алатынымыз:

$$d_a = \left( \frac{\pi}{2\xi_a W_\Gamma^2 u_K \rho_\Gamma} \right)^{2/3} \cdot \frac{\sigma}{\rho_c^{1/3}} \quad (14)$$

Сонда өрнек келесі түрге келеді:

$$L_a = K_2 \cdot \nu_c \left( \frac{\pi^2 u_K \rho_{ж}^2}{4\xi_a^2 W_\Gamma^4 \rho_\Gamma} \right)^{1/3} \quad (15)$$

мұндағы,  $K_2 = 4,2 \cdot 10^{-3}$ ;

[1] жұмысында аз жылдамдықпен қозғалатын және еркін деформация кезінде сұйық ағынның таралуынан түзілетін тамшы өлшемдерін анықтау үшін мынадай теңдеу ұсынылған:

$$d_T = \lambda = 13 \sqrt{\frac{\nu_c^2 \rho_c d_a^3}{8\sigma}} \quad (16)$$

(14) өрнегін есепке ала отырып, келесі түрде қабылдаймыз:

$$d_T = K_3 \cdot \sqrt{\frac{\pi \nu_c \sigma}{W_\Gamma^2 u_K \rho_\Gamma}} \quad (17)$$

мұндағы  $K_3 = 6$  тәжірибелік мәліметтерді өңдеуден алынған мән.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

1. *Алтаев, М.А.* Научные основы разработки высокоэффективных пылегазоулавливающих тарельчатых аппаратов с двумя зонами контакта фаз. –Шымкент: Нурлы бейне, 2009. -196 с.

М.А. Алтаев, А.А. Досмаканбетова, Пазилова Г.Д., А.Сарбасов, О.С. Балабеков

#### **Моделирование режима взаимодействия струйного потока воздуха (газа) с каплями в аппарате.**

**Резюме.** Рассмотрены закономерности осесимметричного расствекания жидкостной струи по поверхности плоского распределительного диска с учетом напора газового потока получена зависимость дальности полета струй для случаев симметричных деформации и для произвольных деформации, а также из условия устойчивости струйного течения получена окончательная зависимость диаметра кольцевой струи и определена

расчетная формула для определения размера капель, образующихся при распаде жидкой струи при произвольной деформации и малых скоростях движения. Установлено, что основными параметрами, определяющими толщину пленки жидкости и ее скорости являются число Рейнольдса и геометрический симплекс, то есть учитываются расход жидкости и конструктивные параметры сливного устройства с плоским отражательным диском.

M. A. Altayev, A. A. Dosmakanbetova, Pazilova G. D., A. Sarbasow, O. S. Balabekov

**Modeling of a mode of interaction of a jet stream of air (gas) with drops in the device.**

**Summary.** It is considered regularities of axisymmetric spreading of a liquid stream on a surface of a flat distributive disk taking into account a pressure of a gas stream dependence of range of flight of streams for cases symmetric to deformation and for any deformations is received, and also from stability conditions of a jet current final dependence of diameter of a ring stream is received and the settlement formula for determination of the size of the drops which are forming at disintegration of a liquid stream at any deformation and small speeds of movement is defined. It is established that the key parameters determining thickness of a film of liquid and its speed are Reynolds's number and a geometrical simplex, that is the consumption of liquid and design data of the drain device with a flat reflective disk are considered.

УДК 533.6.001.8

**А.Т. Апсеметов, Қ.Е. Арыстанбаев, Е.М. Утебаев**  
(М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,  
Шымкент қаласы, Қазақстан Республикасы)

**БУ ҚАЗАННЫҢ ЖҰМЫСЫН АВТОМАТТЫ БАСҚАРУДЫҢ ЕКІ ДЕҢГЕЙЛІК ЖҮЙЕСІ**

Осы мақалада жоғарғы сенсорлық технология саласында ең соңғы және жаңа жетістіктері мен ақпаратты компьютерлік өндеуді қолдануымен экологиялық мониторингті және энергетикалық қондырғыларда жану үрдісі ыңғайлатуды екі деңгейлік автоматты басқару жүйесі қаралған.

Түйін сөздер: автоматты басқару жүйесі, энергетикалық қондырғылар, жану үрдісі, өлшеу жабдықтары, бу қазаны.

Атмосфераны ластайтын негізгі көздердің бірі – улы заттар болып табылады, яғни өндірістің әр түрлі саласындағы, әсіресе Қазақстан Республикасы үшін маңызды химиялық және мұнайхимиялық өндірістерде, металлургия, жылуэнергетикасы, көліктегі және т.б., отынның жану үрдісі кезінде түзілетін көміртегі және азот оксиді.

Отынның жану өнімдерімен атмосфералық ауаның ластануы халық денсаулығына және қоршаған ортаның табиғатына кері әсерін тигізетіні белгілі.

Отынның жану процесі күрделі жолмен жүреді және отынды қыздырудан бастап жану моментінің бітуіне дейінгі физико – химиялық құбылыстардың жиынтығымен өтеді. Ары қарай қышқылдардың, температураның және басқа да факторлардың жалғасуына тәуелді, ұшқыш заттардың жануы жүреді.

Экологиялық аспектілерді есепке ала отырып, улы заттардың пайда болу және төмендету заңдылықтарын есепке алатын жану процестерінің адекватты физикалық және математикалық модельдерін құру әр түрлі отындарды жандыру үшін тағайындалған автоматтандыру, жобалау, басқару және құралдың жұмысын тиімді ету бойынша тапсырмаларды орындау кезінде шешуші роль атқарады.

Жоғарыда айтылғандарға байланысты энергетикалық қондырғыларда автоматты басқару жүйесін әзірлеу өзекті мәселе болып табылады.

Бу қазандығы автоматты басқаруға күрделі объектілер қатарына жатады, басқару параметрлері мен басқару әсерлері көп болып келеді. Бу қазандығының ошағына отын мен ауа беріліп, түтін газдары сорылады, қазан барабанына қоректеуші су беріліп, қанаққан бу алынады.

Бу қазандығының процестерінің басқаруын мынадай контурларға ықшамдауға болады:

1. Бу қазандығынан шыққан су буының қысымын реттеу.

Уақыттың әр мезетінде бу қазандығының ошағында нақты көлемде бу қолданушыға керек мөлшерде пайда болу үшін жағылатын отын көлемі анықталып отыруы керек. Бұл шарттың орындалу

көрсеткіші ретінде бу қазандығынан шыққан су буының нақты мөлшерде сақталуы болуы керек. Егер көрсетілген көлемнен отын бу қазандығына көп берілсе, жылу бу қазандығында жиналып су буының қысымының артуына кеп соғады. Сонымен қатар керісінше отын көлемі керек межерден төмен болса, су буы жылуды қазандықтан ала бастап, қазандық температурасын төмендетіп, сонымен қатар бу қысымын да жоғалта бастайды.

Осы жолмен, бу қазандығына берілетін отын көлемі бу қазандығынан шыққан су буының қысымы тұрақты болу үшін басқарылуы керек. Басқару әсері бу қазандығына берілетін отын көлемін реттейтін клапанның бекітпесінің орналасуын басқаратын, электр қозғалтқышы бар клапан атқарады [1].

2. «Отын-ауа» қатынасына байланысты бу қазандығының ошағына берілетін ауа көлемін реттеу.

Отын шығынын экономикалық тиімді ету жолын бу қазандығының ошағына берілетін ауа көлемін реттеу үлкен мыңызы бар.

Ауа көлемі керекті мөлшерден кем болған кезде отынның толық жанбау әрекеті орын алады, мұның салдарынан экологиялық зияны да арта түседі. Ауаның тым көп мөлшерінде отын толық көлемде жанғанымен, бу қазандығының ошағынан шыққан жану әрекетінің қалдықтарында адам ағзасына зиянды азот екі оксиді пайда болады.

Сондықтан «отын-ауа» қатынасын оптималды шектерде ұстап тұру үшін бу қазандығының ошағына берілетін ауа көлемін реттеп отыру керек, бұл басқаруды желдеткіштің ошаққа берілетін ауа көлемін реттеумен жүзеге асыруға болады.

3. Бу қазандығының ошағындағы жоғарғы бөлігінде қалыптыдан төмен ауа қысымын бақылау, реттеу.

Газ қысымының қалыптыдан төмендігі бу қазандығының ошағының жоғарғы жағында төменгі шетпен салыстырған кезде 0,1 кПа артық болады. Сондықтан отын жану камерасының жоғарғы жағында қалыпты көлемде ауа қысымының қалыптыдан төмен болуын қамтамасыз етеді. Егерде камерада жоғарғы бөлігінде ауа қысымы қалыптыдан төменділігі қамтамасыз етілмесе, от камераның төменгі жағына ысытылып камераның төменгі жағының оттануына және бу қазандық орнатылған бөлменің ыс пен түтінге толуына келіп соғуы мүмкін. Сонымен қатар ауа қысымының тым төмендеуі от жану камерасына көп көлемде ауа сорылуына, ал ол өз мезетінде жылу энергиясын жану реакциясы қалдықтарымен –  $q_2$  қоса артық мөлшерде жылу энергиясының шығынына әкеліп соғады.

Қалыптыдан төмен қысымды реттеу үшін түтін сорғыш құрылғысының бағыттаушысы басқаруды жүзеге асырады.

4. Бу қазандығының барабанының су деңгейін реттеу, басқару.

Су буының қазандықтан шығу мен судың қазандыққа келу мөлшерінің қатынасының көрсеткіші ретінде, қазандық барабанындағы су деңгейі болып табылады. Қазандықтың жұмысының сенімділігі қазандық барабанының су деңгейінің басқарылуымен анықталады. Су деңгейінің бекітілген мөлшерден төмендеуі жылуды суға беретін экран қабырғаларындағы су құбырларының айналымды нашарлатып, құбырлармен экранның аса қызуынан бүлінуі орын алуы ықтимал. Ал деңгейдің тым жоғары болуы, ішкі мембраналық сепарациялық құрылғының тиімділігін төмендетуі мүмкін.

Басқарушы әрекет бу қазандығына берілетін су көзіне қойылған реттеуіш қалыпын өзгертумен жүзеге асырылады.

Нақты уақытта қолданылған ТГМЕ-464 бу қазандығының автоматтандыру жүйесі оқшауланған өлшеу құрылғыларын қолдана отырып келесі көрсеткіштерді басқаруға мүмкіндік береді [1]:

1. жану камерасына дейінгі ауа мен газ қысымы;

2. бу қысымы;

3. барабандағы су деңгейі;

4. су көзінен алынған су температурасы және жану реакциясынан туындаған газдар температурасы;

5. жану камерасындағы қалыптыдан төменгі ауа қысымы;

6. газ шығыны;

7. ауа шығыны.

Нақты уақытта қолданылған автоматтандыру жүйесінің кемшіліктері:

1. тек оңай басқару алгоритмдерін қолдану мүмкіндігі;



және 600 °C жоғары температурада  $O_2$  мөлшерін өлшей алады. Құралдың конструктивті шешімі сынама алудың және сынама дайындаудың күрделі құрылысын ескермеуге және экстремалды жағдайларда эксплуатацияның ұзақ режимін қамтамасыз етеді.

Әртүрлі отын түрлерін жағатын энергетикалық қондырғылардағы оттекті басқару жану процесіндегі отын/ауа қатынасының оптималдылығын қамтамасыз ету үшін міндетті болып табылады. Егер жану толық болса, онда оның қалдықтары тек инерттік компоненттерден тұрады, олар газдың қышқылдануын тудырмайды. Бұл, сулы бу, ( $CO_2$ ) көміртегі диоксиді және ауа кислородының шығыны. Газ қалдықтарында  $CO$  қоспасының болуы энерготасымалдаушылардың химиялық толық жанбауынан көп көлемде жоғалғандығын білдіреді [2].

Оттеппен химиялық реакцияға түсетін барлық элементтер ішінен ең маңыздысы көміртегі, ол барлық отын түрлерінің негізгі құраушысы болып табылады. Сондай-ақ жаққан кезде көміртегінің әрбір килограммы 34000 кДж энергия бөледі.

Оттегінің жетіспеуінен көміртегінің қышқылдануы толық болмайды және осыдан келіп  $CO$  көміртегі оксиді қоспасы пайда болады. Сонымен газ түтінінде көміртегі оксидінің түзілуі энергоресурстарды эффективті қолданылмағандығын білдіреді. Егер жану процесі оптималды техникалық шарттарға сәйкес келмесе, онда жану қалдықтарында жанғыш компоненттері —  $CO$  көміртегі оксиді,  $H_2$  сутегі,  $CH_4$  метан пайда болады. Бұл газдардың барлығы газ түтінінің құрамында болады және атмосфераға тарайды. Газ таладаушы 325 ФА01 автоматты түрде  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $CH_4$  концентрацияларын әрбір қазан агрегаттарының газ шығатын жерінде өлшейді ал жоғарғы температурадағы жану процесінде  $CO$  көміртегі оксидтің концентрациясын түзету коэффициентті ескере отырып өлшесек, онда жану процесі оптималды техника-экономикалық ережеде өткізе аламыз [3].

Ақпараттық сигналдар сандық табло түрінде шкафтың ішіне орнатылған электронды блокқа түседі және бір мезгілде диспетчердегі компьютерге беріледі. Осындай жолмен ТК-1 комплексі дәл уақытта газ құрамын өлшеуге мүмкіндік береді және жану процесін оптималдау үшін ауа\отын қатынасын реттейді және атмосфераға тарайтын зиянды заттарды азайтады.

Бу қазандығындағы температураны басқару үшін ең кең таралған термоэлектрлі түрлендіргіштер талданды - хромель-алюмель ХА(К) және хромель-копель ХК(L). Басқа - платина-платинородий П (S және R), темір-константан ЖК(J), мыс-константан МК(T), вольфрам-рений ВР сияқты типтері де аз емес.

Өлшер алдында қолданылатын термопардың типін және компенсатордың салқын түйін арнасын анықтау керек. Көп арналы өлшеуде арналарға әртүрлі типті термоэлектрлі түрлендіргіштер қосылуы мүмкін. Термоэлектрлі түрлендіргіш жұмыс істеу принципі бойынша «ыстық түйін» (жұмыс түйіні) аралығындағы температураны және термоэлектродтың («салқын түйін») бос ұштарымен өлшейді. Сондықтан термоэлектрлі түрлендіргіштерді қондырғыға термоэлектродты материалдардан жасалған ұзартқыш сымдармен қосу керек. «Салқын түйіндер» температурасы арнайы термодатчикпен термоэлектрлі түрлендіргіш қосылған зонада өлшенеді. Салқын түйін дұрыс және дәл өлшеуге қол жеткізу үшін байланыс қалыбының зонасында температураның үлкен градиенттерінің, ыстық денеден сәулелік жалынның және конвективті ағындардың (жел, шамал, үрлеу) болмауын қадағалау керек.

Термоэлектрлі түрлендіргіш термометріне бағдарламаны қоссақ, ал термоэлектрлі түрлендіргіш орынына құрылғының кірісіне тұйықтағышты алмастырсақ, онда бағдарлама өлшенген температура мәнін көрсетуі керек (салқын түйін температурасы). Қосылғаннан кейін бұл температура қоршаған орта температурамен бірдей болады, сосын құрылғының өздігінен жылу есебінен біраз жоғарылайды. Бұл қалыпты үрдіс, өйткені термокомпенсациондық датчиктің міндеті қоршаған ортаның температурасын емес, салқын түйін температурасын өлшеу болып табылады. Бағдарламаның, қондырғының, термоэлектрлі түрлендіргіштің, компенсациондық сымның жұмысқа қабілеттілігін тексеру үшін, термоэлектрлі түрлендіргішті ыстық қайнаған суға салу керек.

Құралдың көрсеткіші 100 градустан көп дегенде 1 – 2 градусқа ғана айырмашылығы болуы керек. Тензостанция ZET 017-T8, модуль АЦП/ЦАП ZET 220, күшейткіш ZET 410/411 жоғары кіріс кедергісіне ие, сондықтан термоэлектрлі түрлендіргіштің кедергісі және компенсациондық сымдар және олардың ұзындығы өлшеудің дәлдігіне әсер етпейді.

Бірақ, термоэлектрлі түрлендіргіш сымы неғұрлым қысқа болған сайын, соғұрлым оларға электрлік бөгеулер де аз болады. Қандай жағдай болғанда да термоэлектрлі түрлендіргіш сымының ұзындығы 50 метрден көп болмауы керек. Егер температураны үлкен қашықтықта өлшеу талап етілсе, онда алынбалы ZET 410/411 күшейткіштері бар жүйені қолдану тиімді. Бұл жағдайда күшейткіш пен модуль АЦП/ЦАП аралығындағы қашықтық 200 м болады. Термоэлектрлі түрлендіргіштер конструктивті екі типте дайындалады – корпуста оқшауланған және оқшауланбаған (ыстық түйін не оқшауланған, не қорғаныс қабына жабсырылған). ZET 410/411 күшейткіштері кез-келген термоэлектрлі түрлендіргіштермен, ал қалғандары – тек термоэлектрлі түрлендіргіш корпусынан оқшауланғандарымен ғана жұмыс жасай алады.

Жүйенің екінші деңгейі ЭК-1 экологиялық комплексінен тұрады, олар шаң электрфильтрлерінен кейін газжүргіштердің шығыстарында орнатылған. Комплексінің негізін “СПЕКТР-4” газ талдаушылар құрайды, ол (CO) көміртегі оксиді, (SO<sub>2</sub>) күкірт диоксиді, (NO<sub>x</sub>) азот оксиді сияқты өлшенетін концентрацияларды кең көлемде өлшейді. Мұндай оптикалық схема жоғары сезімталдықты және мардымсыз өлшем қателігіне қол жеткізуге мүмкіндік туғызады. Сонымен қатар бір құралда газ концентрациясын өлшеудің көп арналы принципін ұйымдастыруға болады. Құралдар, сонымен қатар ашық алаңдағы әрбір қазандық агрегаттарының газ шығысында орналасқан арнайы жабдықталған шкафтарда қондырылған.

ТК-1 және ЭК-1 комплекстерінің қолданбалы бағдарламалық қамсыздандыруы құрастырылды, олар өлшенетін ақпаратты талдаудың тиімді алгоритмін ұйымдастыруды қамтамасыз етеді. Ал қолданушының оптималды интерфейсі операторға қарапайым және аутқымалы процедурада режимді таңдауға, архивтеуге және ағымдағы ақпаратты тіркеуге мүмкіндік береді.

Ақпаратты жинақтау деңгейінде автономды контроллердің 325 ФА01 және 151 ЭХ02 газ талдаушыларынан ақпаратты қабылдауды RS-232 стандартты интерфейсі арқылы жүзеге асады. Контроллердің бағдарламалық қамсыздандыруы өлшенетін ақпаратты жеткіліктілігін жоғарылататын қазіргі заманғы алгоритмдерді қолдана отырып құрастырылған, ол мыналар есебінен қабылданады: газ талдаушылардың көп ретті сұранысы; басқару суммаларының тексерілуі; апаттық жағдайларда контроллердің (ақпаратты жоғалтпастан) дұрыс жұмыс істеу режиміне шығуы.

Ақпаратты алмастыру деңгейінде контроллер мен мекеменің диспетчерлік орталықтың жүйелік компьютерінің аралығында, RS-485 интерфейсі қолданылған, ол байланыстың гальваникалық коммуникациялық екі жүргізуші желімен жұмыс жасайды. Газ компоненттерін өлшеудің қателігін төмендету үшін ТК-1 комплексінде өлшенетін ақпаратты талдаудың екі бағдарламалық алгоритмі ұйымдастырылған.

Бірінші бағдарламалық алгоритмде, 325 ФА01 и 151 ЭХ02 газ талдаушылардың микропроцессор көмегімен өлшенетін шығыс сигналдары, өлшем берілгендерін бөлетін нақты функция және корреляционды тәуелділігін ескере отырып статистикалық талдауы жүзеге асады.

Екінші бағдарламалық алгоритмде, барлық ТК-1 (16 өлшеу арналары) өлшенетін ақпараттар берілетін жүйелік компьютер деңгейінде өлшенетін ақпараттың қосымша статистикалық талдауы орындалады. Өлшенетін ақпараттың компьютер мониторында кесте, график, сан түрінде бейнеленуі өлшеу процесін басқару көлемі мүмкіндігінше минималданған түрінде болады.

Осылайша, технологиялық үрдістерде газдық ортаға және қалдықтарды жаққанда атмосфераға шығатын зиянды заттардың тәулік бойы үздіксіз мониторингі бірінші рет ұйымдастырылады. Жүйенің енуі жану үрдісін оптималдауға, отынның шығынын азайтуға, газдың зиянды қалдықтарын 10-15 %-ға дейін қысқартуға мүмкіндік берді. ТК-1 және ЭК-1 комплекстерінен тұратын жүйе, энергетиканың объектілері - ЖЭО, бойлерлерге және әртүрлі отынды жағуға байланысты технологиялық үрдістерге енгізіледі, атмосфераға тарайтын зиянды заттар айтарлықтай қысқарады.

ТК-1 және ЭК-1 комплекстері қолданысында әртүрлі қуаттағы қазан агрегаттарының п.э.к. жоғарылайды, эколого-технологиялық комплекстерінің және жөндеу жұмыстарының бағасы төмендейді, максималды энерго- ресурстарының сақталуы кепілдендіріледі, атмосфераға тарайтын зиянды заттар мөлшері азаяды.

Сондықтан СО зиянды улы компоненттерді қоршаған ортаға тастауын азайту үрдісін тиімді автоматты басқару үшін бу қазандықта экологиялық мониторингтің екі деңгейлік жүйесі және жоғарғы сенсорлық технология саласында ең соңғы мен жаңа жетістіктерін қолдана отырып, жану үрдісін оптималдау және талдау жүргізілді

ӘДБИЕТТЕР

1. *Росляков П.В.* Контроль вредных выбросов ТЭС в атмосферу. - М.: Издательство МЭИ, 2004. -228 с.
2. *Варнатц Ю.У.* Горение. Физические и химические аспекты, моделирование, эксперименты и образование загрязняющих веществ. - М.: Физматлит, 2003. - 352 с.
3. *Арыстанбаев К.Е., Апсеметов А.Т.* Метод определения концентрации оксида углерода в высокотемпературных процессах горения // Автоматизация в промышленности. -2012.-№8.-С.60-63.

SPISOK LITERATURYI

1. *Roslyakov P.V.* Kontrol vrednyih vyibrosov TES v atmosferu. - M.: Izdatelstvo MEI, 2004. -228 s.
2. *Varnatts Yu.U.* Gorenienie. Fizicheskie i himicheskie aspektyi, modelirovanie, eksperimentyi i obrazovanie zagryaznyayuschih veschestv. - M.: Fizmatlit, 2003. - 352 s.
3. *Aryistanbaev K.E., Apsemetov A.T.* Metod opredeleniya kontsentratsii oksida ugleroda v vyisokotemperaturnyih protsessah goreniiya // Avtomatizatsiya v promyshlennosti. -2012.-№8.-С.60-63.

Апсеметов А.Т., Арыстанбаев К.Е., Утебаев Е.М.

**Двухуровневая система автоматического управления работой парового котла.**

В данной статье рассмотрена двухуровневая система автоматического управления экологическим мониторингом и оптимизацией процесса горения на энергетических установках, с использованием новейших достижений в области высоких технологий сенсорики и компьютерной обработки информации

**Ключевые слова:** система автоматического управления, энергетические установки, процесс горения, средства измерения, паровой котел.

Apsemetov A.T., Aryistanbayev K.E., Utebayev E.M.

**Two-level system of automatic operating control of steam boiler.**

In this paper the two-level automatic control system of ecological (environmental) monitoring and optimization of the combustion process in power plants, using the latest advances in high-tech sensor technology and computer information processing

**Key words:** automatic control system, power Plants, combustion process, funds measuring, boiler

УДК 621.396.946

**А.О. Касимов, Н.Б. Мамырбекова**

(Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті,  
Алматы қ., Қазақстан Республикасы)

**ҚОЗҒАЛМАЛЫ БАЙЛАНЫС ЖЕЛІСІНІҢ БАЗАЛЫҚ СТАНЦИЯСЫ  
РАДИОИНТЕРФЕЙСІНІҢ ӨТКІЗУ ҚАБІЛЕТТІЛІГІ МЕН ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ  
СИПАТТАМАСЫНА ҚОҢЫРАУЛАРҒА ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУДІҢ ТОПТЫҚ СИПАТЫНЫҢ  
ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ**

**Аңдатпа.** Бұл мақаланың мақсаты мультимедиялық трафиктің қол жетімділік сипаттамаларына әсерін азайтуға және бағалауға мүмкіндік беретін телетрафик теориясын пайдалана отырып, ЖҚ – ҚРБЖ өткізу қабілеттілігін есептеу әдісін зерттеу болып табылады. Алға қойылған мақсатқа жету үшін келесі негізгі мәселенің шешімін таптық. Ұяшықтар ішінде жиіліктік қорларды пайдалану ерекшеліктері мен мобильді байланыстың цифрлық стандарттарының сипаттамаларын ескере отырып, телетрафик теориясының әдістерімен ЖҚ – ҚРБЖ макроұяшықтары мен микроұяшықтары радиоинтерфейстерінің өткізу қабілеттілігін бағалау тәсілдері бір жүйеге келтірілген.

**Негізгі сөздер:** қозғалмалы байланыс, деректер тарату, трафик, базалық станция, радиоинтерфейс, қоныраулар.

Жаңа ұрпақ қызметтерінің нарығы қызметтерінің дамуының негізгі факторлары мыналар болып табылады:

- абоненттердің әртүрлі дәрежесінің талаптарын ескеретін түсінікті әрі бәсекеге қабілетті тарифтік жоспарлар бойынша ұсынылатын қызметтердің әр түрлілігі;
- бағасы бойынша қол жетімді әрі пайдалануға қолайлы терминалдардың ауқымды тандауы;

– аумақты қамту мәселелерінің болмауы, роумингтің әртүрлі түрлері болуы.

GSM 900 стандартындағы базалық станция радиоинтерфейсіндегі қоңырауларға қызмет көрсету сипаттамаларын есептеу үшін қоңырауларға қызмет көрсетудің топтық сипатын ескеретін қозғалмалы байланыс желісінің базалық станциясы радиоинтерфейсінің жұмыс істеуінің математикалық моделін пайдаланайық [1]. Ақпарат тарату жылдамдығын арттыруға арналған біріктірілген трафик арналарының пайда болуын қарастыратын 2 G деңгейлі GSM 900 стандартының жүйесін пайдалану нұсқасын қарастырайық. GSM 900 стандартының жүйесінде барлығы төрт трафик арнасы біріге алады. Сонымен қатар  $13 \times 4 = 52$  кбит/с ақпарат таратудың жиынтық жылдамдығы да қамтамасыз етіледі. Мұндай біріктірудің мақсаты мыналар болуы мүмкін: мультимедиа қызметтерін жүзеге асыруға арналған белгіленген үлгідегі деректерді тарату, аса жоғары сападағы сөз сигналын таратуды қамтамасыз ету.

$\phi_1 > \phi_4$  және  $\phi_1 + \phi_4 = 1$  қатынастары дұрыс болады.

Қарастырылып отырған жағдай үшін теңдеулер жүйесі айтарлықтай жеңілдейді, себебі  $i \neq 1, i \neq 4$  шартында  $\phi_i = 0$  болғандықтан, мына түрде болады:

$$P_1 = \alpha_{гр} P_0; \tag{1.1}$$

$$P_2 = \left\{ (\alpha_{гр} + 1) / 2 \right\} P_1 - \left\{ \alpha_{гр} / 2 [\phi_1 P_0] \right\};$$

$$P_3 = \left\{ (\alpha_{гр} + 2) / 3 \right\} P_2 - \left\{ \alpha_{гр} / 3 [\phi_1 P_1] \right\};$$

$$P_4 = \left\{ (\alpha_{гр} + 3) / 4 \right\} P_3 - \left\{ \alpha_{гр} / 4 [\phi_1 P_2] \right\};$$

$$P_5 = \left\{ (\alpha_{гр} + 4) / 5 \right\} P_4 - \left\{ \alpha_{гр} / 5 [\phi_1 P_3 + \phi_4 P_0] \right\};$$

$$P_{m+1} = \left\{ (\alpha_{гр} + m) / (m + 1) \right\} P_m - \left\{ \alpha_{гр} / (m + 1) [\phi_1 P_{m-1} + \phi_4 P_{m-4}] \right\},$$

$$5 \leq m < V;$$

$$P_V = \left( \alpha_{гр} / V \right) \left\{ P_{V-1} + \phi_4 [P_{V-2} + P_{V-3} + P_{V-4}] \right\}.$$

Қызмет көрсетуден бас тартудың жалпы ықтималдығы формуланың төмендегідей түрленуінен кейін анықталуы мүмкін [6]:

$$P_{баст} = 1 - \frac{\sum_{m=1}^V m P_m}{\alpha_{гр} (\phi_1 + 4\phi_4)}, \tag{1.2}$$

Зерттеулер жүргізу үшін трафиктің төрт арнасының болу болмауын талап ететін топтық сұраныстар мен телефония қоңыраулары бойынша жоғалтулар ықтималдығын жеке – жеке бағалауға мүмкіндік беретін (1.1) және (1.2) формулалары үлкен мәнге ие болады.  $P_{баст}$  шамасымен қызмет көрсетуге келіп түсетін және өзінің қызмет көрсетілуі үшін бір трафик арнасының бос болуын ( $z = 1$ ) талап ететін телефония қоңырауының бос тарту ықтималдығын белгілейік.  $P_{баст}$  шамасы барлық  $V$  арналардың бос болмайтындығының ықтималдығына тең және (1.1) формуланың түрленуінен кейін төмендегідей анықалуы мүмкін:

$$P_{баст\ 1} = \left( \lambda_{гр} / V \mu \right) \left\{ P_{V-1} + \phi_4 (P_{V-2} + P_{V-3} + P_{V-4}) \right\}. \tag{1.3}$$

Қарастырылып отырған жағдайда мультимедиалық қызмет көрсету үшін радиоинтерфейсте  $z = 4$  трафик арнасының бос болмауы талап етіліп,  $z > 1$  теңсіздігі орындалатын болғандықтан, мультимедиалық сұраныс үшін қызмет көрсетуден бас тарту ықтималдығы  $P_{баст\ 4}$  құрайды және (1.2) формуланы түрленуінен кейін төмендегідей анықталуы мүмкін [3]:

$$P_{\text{баст } 4} = \sum_{\alpha=0}^3 P_{V-\alpha^*} \quad (1.4)$$

Біріктірілген трафик арналарын пайдалану жағдайы үшін GSM 900 стандартына арналған Borland Pascal 7.0 тілін пайдалануға болады.

V радиоинтерфейсіндегі трафик арналары санының,  $\alpha_{\text{тр}}$  жүктеменің келіп түсу интенсивтілігі мен болжанатын  $\phi_1$  және  $\phi_2$  ықтималдылықтарды қайта таратуды өзгертудің кең диапазоны үшін теңдеулер жүйесін шешу ЭЕМ – де қайталау бағдарламасын құру жолымен алына алады. Шешім іздеу  $m = 1, \dots, V$  мәндер диапазонындағы  $P_m$  шамаларына есептеу жүргізілетін  $P_{0 \text{ баст}}$  бастапқы мәнінің азырақ шамасын таңдағанды дұрыс көреді. Ары қарай қалыпқа келтіруші шарт тексеріледі – ықтималдықтар қосындысы бірге тең болуы керек. Егер қалыпқа келтіруші шарт орындалмай, қосындылау нәтижесі бірден өзге болатын болса, онда  $P_{0 \text{ баст}}$  шамасы  $\Delta$  аз шамасына өзгереді. Есептеу циклы қайталанатын,  $P_{0 \text{ баст}}$  және  $\Delta$  шамаларын таңдау теңдеулер жүйесінің шешімін іздеуді жалғастыруды анықтайды.  $P_{0 \text{ баст}}$  және  $\Delta$  айтарлықтай аз мәнін таңдау шешім іздеу ұзақтығын арттыра отырып, шешімнің жоғары нақтылығын қамтамасыз етеді.

2G деңгейлі GSM 900 стандарты жүйесінің ерекшелігі V базалық станция радиоинтерфейсіндегі трафик арналарының санының мүмкін болатын өзгерістерінің кең диапазоны болып табылады [5]. (1.1) теңдеулер жүйесін есептеу мен ЭЕМ – де жасалған бағдарламаны пайдалану арқылы алынған (1.3) және (1.4) формулалар бойынша  $P_{\text{баст } T}$  және  $P_{\text{баст } T4}$  шамаларын есептеу нәтижелері 1.1 – кестеде және 1.1 –суреттерде көрсетілген.

Есептеулерді жүргізу кезінде интенсивтіліктері  $\lambda_1$  (бір трафик арнасы талап етіледі) және  $\lambda_4$  (төрт трафик арнасы талап етіледі) болатын екі қоңыраулар ағыны бар деп ескерілді. Қызмет көрсетуге тапсырыстардың келіп түсуінің қосынды интенсивтілігі  $\lambda_{\Sigma} = \lambda_1 + \lambda_4$  ретінде анықталды.  $\phi_1$  шамасы  $\phi_1 = \lambda_1 / \lambda_{\Sigma}$  ретінде, ал  $\phi_4$  шамасы  $\phi_4 = \lambda_4 / \lambda_{\Sigma}$  ретінде анықталуы мүмкін. Бірінші типті тапсырыстарға қызмет көрсету интенсивтілігі  $\mu_1 = t_1^{-1}$  құрайды, мұндағы  $t_1$  – бірінші типті тапсырысқа қызмет көрсетуге арналған трафик арнасының бос болмауының орташа ұзақтығы. Есептеулерді жүргізу кезінде  $t_1 = 100$  с мәні қабылданды, яғни  $\mu_1$  шамасы  $\mu_1 = 36$  [1/сағат] тең деп алынды. Екінші типті тапсырыстарға қызмет көрсету интенсивтілігі  $\mu_4 = t_4^{-1}$  құрайды, мұндағы  $t_4$  – бірінші типті тапсырысқа қызмет көрсетуге арналған трафик арнасының бос болмауының орташа ұзақтығы. Есептеулерді жүргізу кезінде  $t_4 = 8$  с мәні қабылданды, яғни  $\mu_4$  шамасы  $\mu_4 = 450$  [1/сағат] тең деп алынды.  $\mu$  орташа мәнін бағалау үшін мына формула пайдаланылды:

$$\mu = t^{-1} = (\phi_1 t_1 + \phi_4 t_4)^{-1}. \quad (1.5)$$

Қоңырауларға қызмет көрсету кезіндегі трафик арналарының бос болмау ұзақтығын таратудың экспоненциалды сипаты туралы болжам өз күшін сақтап қалатындығын атап өткен жөн, себебі  $t_4 \ll t_1$  қатынасы орын алады.

Қызмет көрсетуге тапсырыстар тобының келіп түсуі кезіндегі  $\alpha_{\text{тр}}$  жүктеме интенсивтілігін анықтау үшін мына формула пайдаланылды:

$$\alpha_{\text{тр}} = \lambda_{\Sigma} / \mu = (\lambda_1 + \lambda_4) (\phi_1 t_1 + \phi_4 t_4). \quad (1.6)$$

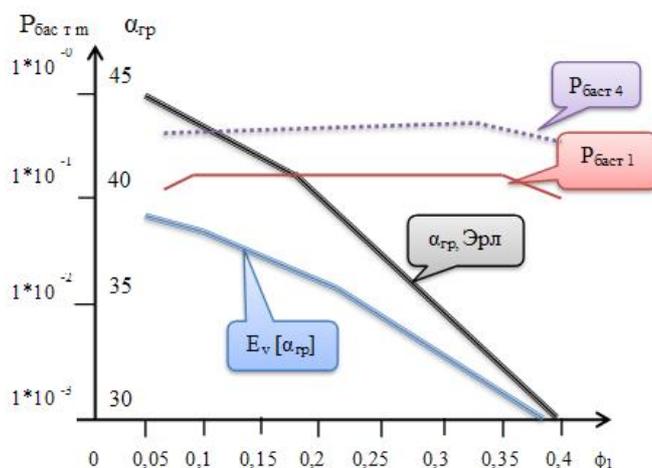
$\phi_1 = \lambda_1 / \lambda_{\Sigma}$  және  $\phi_4 = \lambda_4 / \lambda_{\Sigma}$  мәндерін қоя отырып, төмендегіні аламыз:

$$\alpha_{\text{тр}} = \{(\lambda_1 + \lambda_4)(\lambda_1 t_1 + \lambda_4 t_4)\} / \lambda_{\Sigma} \quad (1.7)$$

Есептеулерді жүргізу кезінде  $\lambda_{\Sigma}$  шамасы белгіленіп алынды және  $\phi_4 = 0,05 \dots 0,95$  диапазонында  $\phi_4$  мәндері берілді. Ары қарай орташа  $\alpha_{\text{тр}}$  жүктеме интенсивтілігі менен  $\mu$  қызмет көрсету интенсивтіліктеріне есептеулер жүргізілді.

1.1- кесте. Аралас қоңыраулар ағынының келіп түсуі кезіндегі сыйымдылығы

$\phi_1$	$\phi_2$	$\mu, [1/\text{сағ}]$	$\alpha_{\text{гр}}, \text{Эрл}$	$E_v [\alpha_{\text{гр}}]$	$P_{\text{бас т1}}$	$P_{\text{бас т4}}$	$P_0$
$\lambda_{\Sigma} = 900 \text{ шак/сағ}, t_1 = 100\text{с}, t_4 = 8\text{с}$							
0,95	0,05	37,74	45,05	$7,44 \cdot 10^{-2}$	$1,71 \cdot 10^{-1}$	$6,36 \cdot 10^{-1}$	$9,12 \cdot 10^{-21}$
0,90	0,10	39,65	42,87	$5,30 \cdot 10^{-2}$	$2,08 \cdot 10^{-1}$	$7,35 \cdot 10^{-1}$	$1,53 \cdot 10^{-20}$
0,85	0,15	41,76	40,70	$3,49 \cdot 10^{-2}$	$2,37 \cdot 10^{-1}$	$8,05 \cdot 10^{-1}$	$3,03 \cdot 10^{-20}$
0,80	0,20	44,12	38,53	$2,08 \cdot 10^{-2}$	$2,59 \cdot 10^{-1}$	$8,50 \cdot 10^{-1}$	$6,90 \cdot 10^{-20}$
0,75	0,25	46,75	36,36	$1,09 \cdot 10^{-2}$	$2,72 \cdot 10^{-1}$	$8,76 \cdot 10^{-1}$	$1799 \cdot 10^{-19}$
0,70	0,30	49,72	34,20	$4,91 \cdot 10^{-3}$	$2,79 \cdot 10^{-1}$	$8,84 \cdot 10^{-1}$	$5,26 \cdot 10^{-19}$
0,65	0,35	53,10	32,01	$1,81 \cdot 10^{-3}$	$2,78 \cdot 10^{-1}$	$8,75 \cdot 10^{-1}$	$1,75 \cdot 10^{-18}$
0,60	0,40	56,96	29,84	$5,46 \cdot 10^{-4}$	$2,58 \cdot 10^{-1}$	$8,52 \cdot 10^{-1}$	$6,65 \cdot 10^{-18}$



1.1-сурет. Сыйымдылығы  $V = 48$ , қоңыраулардың келіп түсу интенсивтілігі  $\lambda_{\Sigma} = 1700$  қоңырау болатын және бір және топтық қоңыраулардың келіп түсу ықтималдығы  $\phi_1 + \phi_4 = 1$  болатын толық қол жетімді арналар шоғыры үшін теңдеулер жүйесі шешімінің нәтижелері

ӘДИБИЕТТЕР

1. Кондратов А.Г. Анализ, зависимости вероятности потерь по вызовам в радиоинтерфейсе системы мобильной связи стандарта CDMA2000 // Международный форум информатизации – (МФИ – 2007): Труды конференции «Телекоммуникационные и\* вычислительные системы»: - М. - МТУСИ. - 2007. - С.114.
2. Корнышев Ю. Н., Пшеничников А. П., Харкевич А. Д. Теория телеграфика. - М.: Радио и связь, 1996. - 272 с.
3. Крылов В. В., Самохвалова С. С. Теория телеграфика и ее приложения. – Санкт-Петербург, 2005. -288 с
4. Кудин А.В., Максименко В.Н. Оценка качества услуг пакетной-передачи данных в сетях сотовой-подвижной связи // Мобильные системы. - 2003/- №7.
5. Кудин А.В., Максименко В.Н!, Афанасьев В.В. Оценка качества услуг пакетной передачи данных в сетях сотовой подвижной-связи стандарта GSM: - ЗАО "ИСС", 2004, 122 с.
6. Новиков О.А., Петухов С И . Прикладные вопросы теории массового обслуживания. - М.: Советское радио, 1969. -340 с.

REFERENCES:

1. Kondratov A.G. Analiz, zavisimosti veroyatnosti poter' po vyzovam v radiointerfeise sistemy mobil'noi svyazi standarta CDMA2000 Mezhdunarodnyi forum informatizatsii (MFI – 2007): Trudy konferentsii « Telekommunikatsionnye i vychislitel'nye sistemy»: – MTUSI – 2007 – 114s.
2. Kornyshev Yu.N., Pshenichnikov A.P., Harkevich A.D, Teoriya teletrafika. - M: Radio i svyaz', 1996. - 272s.
3. Krylov V.V., Samohvalova S.S. Teoriya teletrafika i ee prilozheniya. - Sankt – Peterburg, 2005. - 288s.
4. Kudin A.V., Maksimenko V.N. Otsenka kachestva uslug paketnoi peredachi dannyh v setyah sotovoi – podvizhnoi szyazi. Mobil'nye sistemy. - 2003. - №7
5. Kudin A.V., Maksimenko V.N., Afanas'ev V.V. Otsenka kachestva uslug paketnoi peredachi dannyh v setyah

sotovoi – podvizhnoi szyazi standarta GSM: - ZAO “ISS”, 2004, 122s.

6. Novikov O.A., Petuhov S.I. Prikladnye voprosi teorii massovogo obsluzhivaniya. - M: Sovetskoe radio, 1969, -340s.

Қасымов А.О., Мамырбекова Н.Б.

**Қозғалмалы байланыс желісінің базалық станциясы радиоинтерфейсінің өткізу қабілеттілігі мен қызмет көрсету сипаттамасына қоңырауларға қызмет көрсетудің топтық сипатының әсерін зерттеу.**

**Түйіндеме.** Мобильді байланыс желілерінде мультимедиалық қызметтерді жүзеге асыру үшін арналарды уақыттық немесе кодалық бөлуі бар мобильді байланыс желілеріндегі радиоинтерфейстердің бірнеше арналық құрылымын біріктіру қажет. Базалық станция арқылы басқарылатын бір ұяшықтың радиоарналар қорын кірісіне қызмет көрсетуге сұраныстар тобының ағыны келіп түсетін толық қол жетімді жалпылай қызмет көрсету жүйесі ретінде қарастырған дұрыс. Қозғалмалы байланыс желісінің базалық станция радиоинтерфейсінің жұмыс істеуінің ұсынылған математикалық моделі қоңырауларға қызмет көрсетудің топтық сипатын ескеріп, мультимедиалық қызметтердің базалық станция радиоинтерфейсінің өткізу жолағына әсеріне бағалау жүргізуге мүмкіндік береді.

Касимов А.О., Мамырбекова Н.Б.

**Исследование влияния группового характера обслуживания вызовов на характеристики обслуживания и пропускную способность радио интерфейса базовой станции сети подвижной связи.**

**Резюме.** Для реализации мультимедийных услуг в сетях мобильной связи необходимо объединение нескольких канальных структур радио интерфейсов в сетях мобильной связи с временным, или кодовым разделением каналов. Ресурс радиоканалов одной соты, управляемый базовой станцией, предлагается рассматривать как полностью доступную систему массового обслуживания, на вход которой поступает поток – групп заявок на обслуживание. Предлагаемая математическая модель функционирования радио интерфейса базовой станции сети – подвижной связи позволяет учесть групповой характер обслуживания вызовов и произвести оценку влияния мультимедийных услуг на пропускную способность радио интерфейса базовой станции.

**Ключевые слова:** подвижная связь, передача данных, трафик, базовая станция, радио интерфейс, вызовы.

Kasimov A.O., Mamyrbekova N.B

**Research of the impact the group nature of service calls on the features of service and capacity radio interfaces of the mobile network.**

**Summary.** For realization of multimedia services in mobile communication networks we need to combine multiple channel structures radio interfaces in the mobile network with time or code division channels. Radio resource of one cell which controlled by the base station propose to consider as a complete system of queuing on the output of which is fed stream of the service requests. Proposed a mathematical model of the radio interfaces a base station network, mobile network, allows to take into account the nature of the group call service and evaluate to the impact of multimedia services bandwidth radio station interface.

**Keywords:** mobile communications; data transmission; traffic; base station; radio interface; calls.

УДК 669.884(574)

<sup>1</sup>Самойлов В.И., <sup>1</sup>Куленова Н.А., <sup>2</sup>Борсук А.Н., <sup>3</sup>Зеленин В.И., <sup>1</sup>Оналбаева Ж.С., <sup>1</sup>Байгазова Н.А.  
(<sup>1</sup>«Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева»,

<sup>2</sup>АО «Ульбинский металлургический завод» (г. Усть-Каменогорск), <sup>3</sup>Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург))

## **КИНЕТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СМЕСИ БЕРИЛЛА, ФЕНАКИТА И БЕРТРАНДИТА, АКТИВИРОВАННОЙ ПЛАВКОЙ С ФЛЮСАМИ, С СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ**

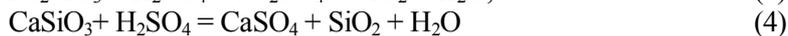
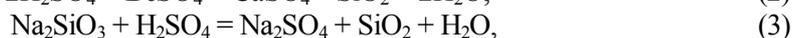
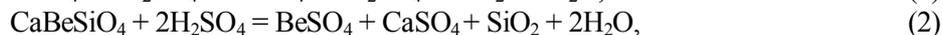
**Аннотация.** В настоящее время в гидрометаллургии бериллия сырьем является смесь бериллового концентрата с берtrandит – фенакит – флюоритовым концентратом. Для придания химической активности смеси её традиционно подвергают щелочному разложению. Взаимодействие указанных минералов бериллия с кальцинированной содой (известняком, флюоритом) при их плавке ведет к связыванию части кремнезёма в метасиликаты натрия (кальция). В результате этого происходит разрушение кристаллов берилла, фенакита и берtrandита. Кроме силикатов натрия (кальция) при плавке и охлаждении (грануляции) плава водой образуются комплексные силикаты бериллия и натрия (бериллия и кальция). Охлаждённый стекловидный плав-гранулят после измельчения глубоко и быстро вскрывается серной кислотой при ~100 °С с образованием водораство-

римых сульфатов и труднорастворимых кремнезёма, гипса. В данной статье исследована кинетика взаимодействия активированной плавкой с флюсами смеси берилла, фенакита и берtrandита с серной кислотой.

**Ключевые слова:** берилл, фенакит, берtrandит, флюсы, сульфатизация, кажущаяся энергия активации, степень извлечения.

## Введение

В гидрометаллургии бериллия в качестве сырьевой шихты используется смесь бериллового ( $\text{BeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$ ) концентрата с берtrandит ( $2\text{BeO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) – фенакит ( $\text{BeO} \cdot 2\text{SiO}_2$ ) – флюоритовым ( $\text{CaF}_2$ ) концентратом, взятых в соотношении 1:(1÷4) в пересчёте на бериллий; содержание оксида бериллия в концентратах составляет соответственно ~5,5 и ~11,0 % масс. [1, 2]. Для придания химической активности смеси её традиционно подвергают щелочному разложению [1-9]. По современным представлениям о взаимодействии указанных минералов бериллия с кальцинированной содой (известняком, флюоритом) их плавка связывает часть кремнезёма в  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  и  $\text{CaSiO}_3$ , разрушая кристаллы минералов бериллия. Кроме этих соединений при плавке и охлаждении (грануляции) плава водой образуются комплексные силикаты  $\text{Na}_2\text{BeSiO}_4$ ,  $\text{CaBeSiO}_4$ ,  $\text{NaAlSiO}_4$ ,  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ . Охлаждённый стекловидный плава-гранулят после измельчения глубоко и быстро вскрывается серной кислотой при ~100 °С с образованием водорастворимых сульфатов и труднорастворимых кремнезёма, гипса:



Выщелачиванием вскрытого плава-гранулята и последующим отделением осадка ( $\text{SiO}_2 + \text{CaSO}_4$ ) получают раствор сульфатов бериллия и других металлов. Из сульфатного раствора раствором аммиака осаждают  $\text{Be}(\text{OH})_2$ , который чистят от примесей.

Кинетика сульфатизации плава-гранулята, протекающей в соответствии с уравнениями реакций (1)-(4), до настоящего времени оставалась практически не изученной (авторам известна лишь статья [10], посвященная кинетике сернокислотного вскрытия плава-гранулята, полученная плавлением берилла, известняка и кальцинированной соды). Целью данной работы является определение лимитирующей стадии процесса сернокислотного вскрытия плава-гранулята. Для достижения поставленной цели решены задачи, направленные на установление кинетических зависимостей, полноты вскрытия плава-гранулята от температуры и продолжительности процесса вскрытия. При определении указанных кинетических зависимостей и вытекающей из них величины кажущейся энергии активации взаимодействия плава-гранулята с серной кислотой использована методика, изложенная Вольдманом Г.М. и Зеликманом А.Н. [11].

## Методика проведения экспериментальных исследований

Исследовался измельченный плава-гранулят. Для наработки необходимого количества плава-гранулята поставлена серия опытов, в которых пятидесятиграммовые навески смеси концентратов шихтовали с кальцинированной содой и известняком; массовое соотношение концентратов в их смеси – 1:1 по бериллию, расход соды и известняка составлял по 14 % к массе смеси концентратов. Полученную шихту плавил в графитовом тигле шахтной лабораторной печи ШП-1 при 1350 °С 30 мин, плав сливали в воду с температурой ~15 °С, гранулируя плав (Т:Ж грануляции ~1:20). Гранулированный плав высушивали. Полученные в результате опытов сухие гранулированные плавы объединяли. Затем объединенный продукт измельчали до крупности -150 мкм и анализировали на содержание оксида бериллия фотонейтронным методом. По результатам анализа гранулят содержал 7 % оксида бериллия.

В дальнейших опытах навески плава-гранулята массой 25 г смешивали с водой (расход которой составлял 0,8 мл/г плава-гранулята), после чего полученную водно-гранулятную пульпу обрабатывали 93 %-й серной кислотой (расход кислоты – 0,8 мл/г плава-гранулята) и образовавшуюся реакционную массу перемешивали в течение двенадцати секунд при заданной температуре. Затем сульфатизированный плава-гранулят выщелачивали водой при Т:Ж=1:5 по исходно-

му плаву-грануляту, при температуре 95÷100 °С в течение 20 мин. Пульпу выщелачивания фильтровали, остаток от выщелачивания подвергали двукратной фильтр-репульпационной отмывке от сульфата бериллия [каждая из отмывок выполнялась водой при Т:Ж = 1:7 (по исходному грануляту), температуре 80÷90 °С и продолжительности 15 мин]. Отмытый остаток от выщелачивания высушивали до постоянной массы и анализировали на содержание оксида бериллия.

### Результаты исследований

Результаты экспериментов (табл. 1) показали, что промышленно-приемлемое извлечение бериллия в раствор (~99 %) достигается за 12 секунд сульфатизации плава-гранулята при 115 °С.

Таблица 1. Зависимость извлечения бериллия в раствор от температуры сульфатизации плава-гранулята (продолжительность сульфатизации – 12 с)

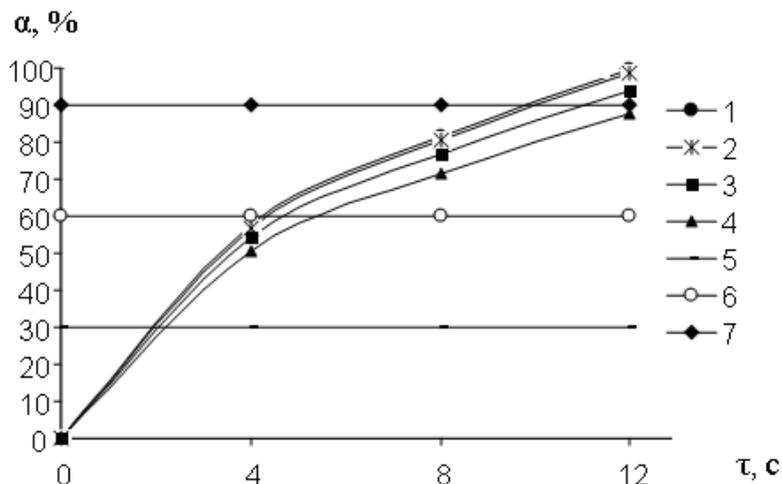
Температура, °С	Остаток от выщелачивания		Извлечение Be в раствор, %
	масса, г	содержание BeO, % масс.	
115	19,2	0,10	98,9
105	19,3	0,18	98,0
95	19,4	0,42	95,3
85	19,5	0,96	89,3

Примечание. – При повышении температуры сульфатизации с 85 до 115 °С извлечение алюминия из плава-гранулята в раствор возрастает с 90 до 98 %.

На следующем этапе работ определяли степень извлечения бериллия из плава-гранулята в водорастворимый сульфат бериллия при различной продолжительности сульфатизации ( $\tau$ ) и ее температуре (Т). Полученные данные приведены в табл. 2 и с использованием табличного процессора Excel графически представлены на рис. 1.

Таблица 2. Зависимость извлечения бериллия в раствор от продолжительности и температуры сульфатизации плава-гранулята

$\tau$ , с	Остаток от выщелачивания		Извлечение Be в раствор, %
	масса, г	содержание BeO, % масс.	
Температура сульфатизации 115 °С			
4	19,3	3,59	60,4
8	19,3	1,71	81,1
12	19,2	0,10	98,9
Температура сульфатизации 105 °С			
4	19,4	3,65	59,5
8	19,5	1,78	80,1
12	19,3	0,18	98,0
Температура сульфатизации 95 °С			
4	19,6	4,02	55,0
8	19,5	2,42	73,0
12	19,4	0,42	95,3
Температура сульфатизации 85 °С			
4	19,7	4,16	53,2
8	19,7	2,89	67,5
12	19,5	0,96	89,3



1 – 115 °С, 2 – 105 °С, 3 – 95 °С, 4 – 85 °С, 5, 6 и 7 – вспомогательные прямые, соответствующие извлечению бериллия в раствор 30, 60 и 90 % соответственно.

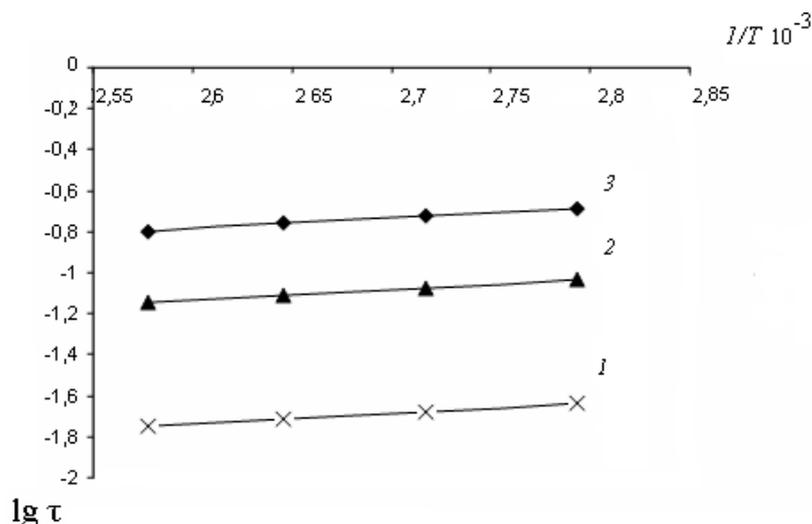
**Рис. 1.** Зависимости извлечения бериллия из плава-гранулята ( $\alpha$ ) от продолжительности и температуры его сульфатизации

С помощью полученных графиков определены продолжительности сульфатизации, обеспечивающие одинаковое извлечение бериллия в раствор (30, 60 и 90 %) при различных температурах сульфатизации; полученные значения и результаты их обработки представлены в табл. 3.

**Таблица 3.** Продолжительность сульфатизации плава-гранулята, обеспечивающая заданное извлечение бериллия в раствор при различных температурах сульфатизации (значения  $\tau$  получены в результате обработки экспериментальных данных с использованием табличного процессора Excel)

Т		1/T, K <sup>-1</sup>	$\tau$ , с	$\tau$ , мин	lg $\tau$
°C	K				
<i>Извлечение в раствор 90 %</i>					
115	388	0,0025773	1,092181	0,018203	-1,73986
105	378	0,0026455	1,115432	0,018591	-1,73071
95	368	0,0027174	1,231393	0,020523	-1,68775
85	358	0,0027933	1,405222	0,023420	-1,63041
<i>Извлечение в раствор 60 %</i>					
115	388	0,0025773	4,368723	0,072812	-1,13780
105	378	0,0026455	4,461730	0,074362	-1,12865
95	368	0,0027174	4,925571	0,082093	-1,08569
85	358	0,0027933	5,620890	0,093682	-1,02835
<i>Извлечение в раствор 30 %</i>					
115	388	0,0025773	9,829626	0,163827	-0,78561
105	378	0,0026455	10,03889	0,167315	-0,77647
95	368	0,0027174	11,08235	0,184706	-0,73352
85	358	0,0027933	12,64700	0,210783	-0,67616

Далее определялась кажущаяся энергия активации взаимодействия плава-гранулята с серной кислотой. Для этого использовали зависимости логарифма времени, необходимого для достижения одинаковой степени извлечение бериллия в раствор при разных температурах его сульфатизации, от обратной температуры (рис. 2).



**Рис. 2.** Зависимости логарифма продолжительности сульфатизации от ее обратной температуры при извлечении бериллия 90 % (1), 60 % (2) и 30 % (3)

Угловые коэффициенты прямых  $\lg \tau = f(1/T)$  (см. рис. 2) связаны со значением кажущейся энергии активации соотношением  $d(\lg \tau)/d(1/T) = E_{\text{каж.}}/(2,3R)$  [10]. Для извлечений бериллия в раствор 30, 60 и 90 % угловые коэффициенты равны 519,114; 519,114; 519,105 соответственно; кажущуюся энергию активации рассчитывали по среднему значению, равному 519,111.

Таким образом, величина кажущейся энергии активации взаимодействия исследованного плава-гранулята с серной кислотой составила 9,9 кДж/моль.

Учитывая, что плав-гранулят представлен, согласно современным представлениям, двумя бериллийсодержащими фазами (1)-(2) –  $\text{Na}_2\text{BeSiO}_4$  и  $\text{CaBeSiO}_4$ , можно принять, что их вклад в величину кажущейся энергии активации одинаковый, так как при температурах сульфатизации плава-гранулята 95÷115 °С и её продолжительности 12 с бериллий извлекается в водорастворимый сульфат на промышленно приемлемом уровне (~97 %).

### **Выводы**

Расчитанное значение  $E_{\text{каж.}}$  свидетельствует о том, что исследованный процесс протекает в диффузионной области. Поэтому можно предположить, что данный процесс лимитируется скоростью диффузии молекул кислоты к реакционной поверхности через слой образующихся продуктов реакции.

Таким образом, интенсификация процесса вскрытия возможна за счёт удаления слоя гидратированного кремнезёма и сульфатов металлов с поверхности частиц плава-гранулята, что потребует разработки соответствующей аппаратуры для вскрытия.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Самойлов В.И., Борсук А.Н.* Методы совместной переработки фенакита, берtrandита и берилла в гидрометаллургии бериллия. – Усть-Каменогорск: Медиа-Альянс, 2006. – 200 с.
2. *Самойлов В.И.* Экспериментальная разработка перспективных химических методов извлечения бериллия и лития из минерального сырья. – Усть-Каменогорск: Медиа-Альянс, 2006. – 551 с.
3. *Дарвин Дж., Баддери Дж.* Бериллий. – М.: ИЛ, 1962. – 324 с.
4. *Уайт Д., Берк Дж.* Бериллий. – М.: ИЛ, 1960. – 616 с.
5. *Самойлов В.И., Куленова Н.А., Шушкевич Л.В. и др.* Промышленная переработка берtrandита и перспективы использования фенакита в гидрометаллургии бериллия // Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природноохранные технологии освоения недр: Матер. VI Междунар. конф. – М.: РУДН, 2007. – С. 387-390.
6. Патент 2351540 РФ, МПК С01F 3/00, С22В 3/08. Способ извлечения бериллия из бериллиевых концентратов / М.Л. Коцарь, Т.А. Доброскокина, В.В. Лазаренко, З.М. Алекберов, А.Н. Борсук, В.И. Самойлов, Н.А. Куленова. 2009. Бюл. №10.

7. Патент 2351539 РФ, МПК C01F 3/00, C22B 3/08. Способ извлечения бериллия из бериллиевых концентратов / М.Л. Коцарь, Т.А. Добросокина, В.В. Лазаренко, З.М. Алекберов, А.Н. Борсук, В.И. Самойлов, Н.А. Куленова, Т.А. Умарова. 2009. Бюл. №10.

8. Самойлов В.И., Куленова Н.А., Борсук А.Н. Технологические методы комплексной переработки бериллийлитиевого минерального сырья (часть 1) // *Металлург.* – М., 2008. – №12. – С. 65-68.

9. Самойлов В.И., Куленова Н.А., Борсук А.Н. Технологические методы комплексной переработки бериллийлитиевого минерального сырья (часть 2) // *Металлург.* – М., 2009. – №1. – С. 63-65.

10. Куленова Н.А., Оналбаева Ж.С., Самойлов В.И. и др. Кинетика взаимодействия активированного плавкой с флюсами берилла с серной кислотой // *Цветные металлы.* 2012. – №2. – С. 50-52.

11. Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов. – М.: Интермет Инжиниринг, 2003. – 424 с.

Самойлов В.И., Куленова Н.А., Борсук А.Н., Зеленин В.И., Оналбаева Ж.С., Байгазова Н.А.

**Флюстермен балқытылып активтендірілген берилл, фенакит және берtrandиттің қоспаларының күкірт қышқылымен әрекеттесуінің кинетикасы**

**Түйіндеме.** Берілген мақалада флюстермен балқытылып активтендірілген берилл концентратының берtrandит-фенакит-флюорит концентратымен қоспасының күкірт қышқылымен әрекеттесуінің елесті активтену энергиясының мәні ( $E_{\text{каж.}}=9,9$  кДж/моль) анықталды. Концентраттардың активтендірілген қоспасының күкірт қышқылымен әрекеттесуі қышқыл молекулалары реакцияда түзілетін өнімдердің қабаты арқылы реакциялық бетке диффузиясының жылдамдығымен шектелетін болжап айтуға болады.

**Түйінді сөздер:** берилл, фенакит, берtrandит, флюстер, сульфатизация, елесті активтену энергиясы, бөліп алу дәрежесі.

Самойлов В.И., Куленова Н.А., Борсук А.Н., Зеленин В.И., Оналбаева Ж.С., Байгазова Н.А.

**Кинетика взаимодействия смеси берилла, фенакита и берtrandита, активированной плавкой с флюсами, с серной кислотой.**

**Резюме.** В данной статье определено значение кажущейся энергии активации взаимодействия активированной плавкой с флюсами смеси бериллового концентрата с берtrandит – фенакит – флюоритовым концентратом с серной кислотой ( $E_{\text{каж.}}=9,9$  кДж/моль). Можно предположить, что взаимодействие активированной смеси концентратов с серной кислотой лимитируется скоростью диффузии молекул кислоты к реакционной поверхности через слой образующихся продуктов реакции.

**Ключевые слова:** берилл, фенакит, берtrandит, флюсы, сульфатизация, кажущаяся энергия активации, степень извлечения.

Samoilov V.I., Kulenova N.A., Borsuk A.N., Zelenin V.I., Onalbayeva Zh.S., Baigazova N.A.

**Interaction kinetics activated by melting with fluxes of mix with beryl, phenakite and bertrandite mix with sulfuric acid.**

**Summary.** In the given article the value of apparent activation energy value of interaction kinetics activated by melting with fluxes of mix with beryl, phenakite and bertrandite mix with sulfuric acid has been determined ( $E_{\text{app.}}=9,9$  kJ/mol). It can be assumed that the interaction of the activated mixture of concentrated sulfuric acid is limited to the rate of diffusion of acid molecules to the surface through the reaction layer of forming reaction products.

**Key words:** Beryl, Phenacite, Bertrandite, Fluxes, Sulphatization, Apparent Activation Energy, Extraction Level.

ӘОЖ 681.3

**Байжуманова Ж.Д., Бейсембекова Р.Н.**

(Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті,  
Алматы қ., Қазақстан Республикасы)

## **ТАРАТЫЛҒАН КОМПЬЮТЕРЛІК ЖҮЙЕЛЕРДІҢ СЕНІМДІЛІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮДЕРІСТЕРІНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫ**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема обеспечения и повышения надежности распределенной компьютерной системы. Для ее решения проанализированы структуры процессов обеспечения и повышения надежности распределенной компьютерной системы. Вносится уточнение в понятие обеспечения надежности распределенной компьютерной системы. Анализируется взаимосвязь качества и надежности решения прикладных задач с задачами обеспечения надежности распределенной компьютерной системы.

Таратылған компьютерлік жүйелердің сенімділігін қамтамасыз ету түсінігіне анықтау енгізілген. Таратылған компьютерлік жүйелердің сенімділігін қамтамасыз ету есептерін қолданбалы шешу үшін сенімділіктің және сапаның өзара байланысы талданады.

Бизнес-есептерді шешуді қолдау үдерісі немесе бизнес-үдерістердің орындалуы басқа есепті шешу жолымен іске асырылады, оны қолданбалы есеп деп атайық. Қолданбалы есепті шешу өз кезегінде таратылған компьютерлік жүйелердің бағдарламалық жүйесін орындау жолымен іске асырылады. Сонымен таратылған компьютерлік бағдарламалық жүйенің тиімді орындалуы бизнес-үдерістің сәтті қолдауына сәйкес келеді. Қолданбалы есепті орындау сенімділігі және сапасы бағдарламалық жүйені орындау үдерісінде талаптар қатарын орындауға байланысты.

Бизнес-үдерістерді орындау үздіксізділігін қамтамасыз ету есебі. Бизнес үшін жоғары бұзылмау тұрақтылығы, жұмыстың ұзақ тоқтаусыздығын қамтамасыз етуі және деректерді сенімді қорғау маңызды болып келеді.

Таратылған компьютерлік жүйелердің сенімділігі талап етілетін көрсеткіштермен бизнестің сәтті орындалуы үшін қажетті.

Таратылған компьютерлік жүйелердің сенімділігіне жету және қамтамасыз ету үдерістерінің сипаттамасы мен ерекшеліктеріне талдау жалпы жүрісті және таратылған компьютерлік жүйелердің сенімділігін қамтамасыз ету есептерін шешу стратегияларын дұрыс таңдау үшін әртүрлі режимдерде бұзылулардың дамуы мен пайда болуының өмірлік циклын орнату қажет екендігін көрсетеді.

Бизнес-үдерістің орындалуында сенімділік есептерін шешу таратылған компьютерлік жүйелердің функционалды ресурстарының негізінде келесі кезеңдерден тұрады.

Сенімділік есептерін шешу кезеңдері.

1. Бизнес-үдерісті қолдайтын түрді анықтау: үздіксіздік сипаттамалары.

2. Бизнес-үдерістің үздіксіздік сипаттамаларынан шығатын функционалды ресурстарды белгілеу.

3. Функционалды ресурстарды тарату.

4. Таратылған компьютерлік жүйелердің ортасын және платформасын орнату:

– бизнес-үдеріспен қолдайтын сенімділіктің талаптарынан шығатын жаңа таратылған компьютерлік жүйелерді құру үшін платформаны таңдау;

– бар болатын таратылған компьютерлік жүйелердің платформасын анықтау, құрамында (платформасында) сенімділікті қамтамасыз ету есептері шешілетін және бизнес-үдерістің таратылған компьютерлік жүйелерді қолдайтын сенімділікті қамтамасыз ету жүйесін құру.

5. Таратылған компьютерлік жүйелердің платформасында функционалды ресурстарды орналастыру.

6. Сенімділік ресурстарын басқару жүйесін құру. СБЖ математикалық, архитектуралық, аппараттық және бағдарламалы-ақпараттық қамтамасыз етуін өңдеу.

Орындалудың үздіксізділігінің талап етілу көзқарасы бойынша бизнес-үдерістер келесі үш түрдің біреуіне жатуы мүмкін:

а) орындаудың (бизнес-топтар-БТ1) жүрісінің (үдерісін) уақытша ажырауын жібермейтін үздіксізділіктің өте жоғары деңгейі. Мысалы: әуеде ұшу аппараттары және ғарыштық ұшу;

ә) бизнес-үдерісті (бизнес-топтар-БТ2)  $\Delta \tau$  аса емес орындалуында үдеріс жүрісінің ажырауын жіберетін үздіксізділіктің жоғары деңгейі. Мысалы: оқу-білім үдерістері, қаржылық үдерістер және кооперацияның орындалатын шапшаң жоспарының құрамына кіретін кооперативті бизнестің кейбір түрлері;

б) шапшаң орындалуды қажет етпейтін орындалуында үдеріс жүрісінің ажырауын ұзақ уақытқа дейін жіберетін үздіксізділіктің орташа және әлсіз деңгейі (бизнес-топтар-БТ3). Мысалы: шапшаң орындалуын қажет етпейтін субъектілердің (кооперациялар және кәсіпорындар) бизнес-үдерістері.

Берілген талаптар бизнес-үдерістің үздіксізділігіне таратылған компьютерлік жүйелерді қолдайтын (немесе қайта қалпына келтіру) дайындық уақытына жаңылысу немесе істен шыққаннан кейін тікелей ықпал көрсетеді.

Зерттеу үшін сипаттама бойынша  $\Delta \tau$  аса емес үздіксізділікті жіберетін (тип 2) бизнес-үдерістің түрі таңдап алынады. Бизнес-есепті (БЕ2) шешетін талаптар келесі түрде құрылады.

Таратылған компьютерлік жүйелердің сенімділігінің өмірлік циклі түсіндіру нұсқасын және оның мемлекет экономикасына және бизнеске ықпалын келесі сызбада келтіреміз (1-сурет).



**1-сурет.** Таратылған компьютерлік жүйелердің сенімділігінің өмірлік циклінің түсіндіру нұсқасы

Таратылған компьютерлік жүйелердің сенімділігін қамтамасыз ету есептерін шешу қажеттілігін мониторинг негізінде жанама көрсеткіштер бойынша ағымдағы үдеріс күйінің есебін шешуінде анықтайды.

**ӘДЕБИЕТТЕР**

1. *Ускенбаева Р.К., Бейсембекова Р.Н.* Задачи обеспечения высокого уровня готовности доступа к электронным ресурсам распределенной информационно-вычислительной системы поддержки бизнес-процессов // Вестник Казахской Академии Транспорта и Коммуникаций им. М.Тынышпаева. – Алматы, 2006. –№6. – С. 109–112.

2. *Ускенбаева Р.К., Бейсембекова Р.Н.* Задачи обеспечения надежности функционирования распределенной информационно-вычислительной системы: сборник научных трудов // Вестник КазНТУ. – Алматы: КазНТУ, 2008. –№6/1 (70). – С. 121–126.

Zh. Baizhumanova, R. Beisembekova

**The structure of the process to ensure the reliability of distributed computer systems.**

**Summary.** This article the problem of security and reliability of distributed computer systems. To solve it, to analyze the structure of processes to ensure and improve the reliability of distributed computer systems. Make improvements in the concept of reliability of distributed computer systems. Examines the relationship of quality and reliability solutions applications with the objectives of ensuring the reliability of distributed computer systems.

ӘОЖ 681.3

**Ж.Д. Байжуманова, Р.Н. Бейсембекова**

(Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университеті,  
Алматы қ., Қазақстан Республикасы)

**ТАРАТЫЛҒАН КОМПЬЮТЕРЛІК ЖҮЙЕЛЕР КОМПОНЕНТТЕРІНІҢ  
ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУ АРХИТЕКТУРАЛАРЫ**

Қазіргі уақытта әртүрлі белгілеулердегі таратылған компьютерлік жүйелердің жұмыс істеуін тиімді, сенімді және сапалы басқарылуы және құрылуы көкейкесті маңызды есеп болып табылады.

Компьютерлік жүйелерді құру технологиясын тандау таратылған компьютерлік жүйелер архитектурасын тандауға тікелей байланысты.

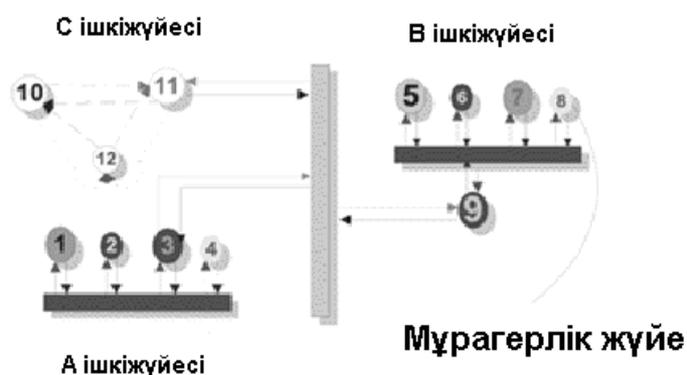
Таратылған компьютерлік жүйелер компоненттерінің өзара әрекеттесу архитектурасын жобалауында өзара әрекеттесулердің келесі түрлері мынадай:

## • Технические науки

– вертикальді – әрбір компонентте берілген таратылған компьютерлік жүйелер үшін уникальді интерфейс бар болады;

– горизонтальді – барлық компоненттерде компоненттер арасындағы өзара іс-әрекетті қамтамасыз ететін сол бір әмбебапты интерфейс бар болады;

– аралас – барлық компоненттерде әмбебапты базалық интерфейс бар болады, осы жағдайда әрбір компонент пәндік салада өзінің доменімен жұмыс істеу үшін қосымша операцияларды спецификациялайды.



Нақты өңдеуде барлық ішкіжүйелер үшін бірдей интерфейстерді құру өте қиын болады, сондықтан таратылған компьютерлік жүйелерді құру үшін мейлінше дұрысырағы болып таратылған компьютерлік жүйелердің компоненттерінің өзара әрекеттесуінің аралас түрі болып табылады. Бұл жағдайда құрылған архитектура интерфейстердің әмбебаптылығын сақтайды, бірақ та операциялар қосымшалары үшін специфика қосуға мүмкіндік бермейді (1-сурет).

1-сурет. Жүйенің гибриделген архитектурасы

Жаңа есептің интеграциялануы үшін қажет болатын кодтар саны мұндай архитектурада 2 (горизонтальді архитектура) ден  $2N + 1$  (вертикальді архитектура) дейін нақты жобасында өзгеріп отырады.

– екідеңгейлі архитектуралар ( $L = 2$ );

– үшдеңгейлі архитектуралар ( $L = 3$ );

– таратылған біррангілі архитектуралар ( $L > 3$  немесе әрқайсысы барлық үш топтың функцияларын іске асыратын компоненттер арасындағы өзара әрекеттесу қатынастары бар болады).

Екідеңгейлі архитектуралар. Екідеңгейлі архитектуралар деңгейлер саны екіге тең болуды ұсынады. Бұл максимальді түрде іске асырылатын бірінші, екінші және үшінші топ функциялары жиынынан тұратын екі бағдарламалық компонентті білдіреді.

Екідеңгейлі архитектураларды іске асырудағы айырмашылықтар негізінен топтардың қайсысы клиенттің, қайсысы сервердің функцияларын орындайтындығымен анықталынады.

Көрсетілген декомпозиция нұсқалары бойынша келесі екідеңгейлі архитектуралар туралы айтайық:

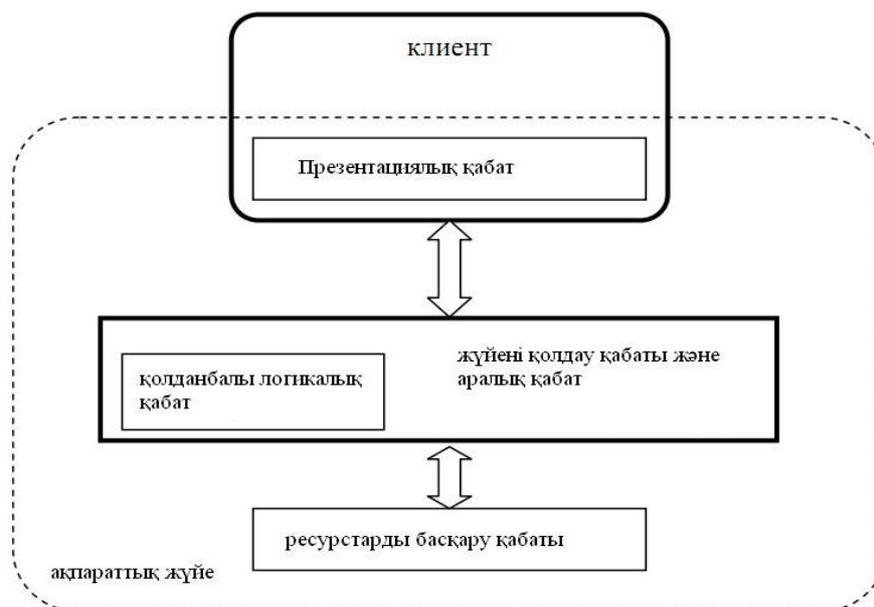
– интеллектуалды клиент (алыстатылған деректерге жету, файлдық сервер негізінде архитектура);

– интеллектуалды сервер (терминал режимінде жету, деректер қорының интеллектуалды сервер архитектурасы);

– таратылған функционалды логика.

Екідеңгейлі архитектуралар артықшылықтар мен кемшіліктер қатарынан тұрады. Ірі ақпараттық жүйелерді құруда кемшіліктеріне қарамастан, екідеңгейлі архитектураларды қолдану көптеген жағдайда сол жобалардың өңдеуінде күйреуге алып келеді.

Үшдеңгейлі архитектуралар. Үшдеңгейлі архитектуралар, яғни деңгейлер саны үшке тең болатын үдерісте бірінші, екінші және үшінші топтың функцияларының орындалуында бағдарламалық компоненттерінің максимальді үшеу болатының болжайды.



**2-сурет.** Үшдеңгейлі архитектурасы

Үшдеңгейлі архитектуралардың негізгі элементтері қосымшалар сервер болып табылады. Онда сервис (service деп рәсімделетін бірнеше қолданбалы функциялар іске асырылады және ұсынудың барлық компоненттеріне кейбір қызмет көрсетуді ұсынады. Қосымшалар сервері бірнеше болуы мүмкін және олардың әрқайсысы белгілі бір сервистер жиының ұсынады. Қосымшалар серверінде қолданбалы функциялардың іске асыру детальдары клиенттерден толық жасырылынған. Сонымен бірге өңдеушілер кез-келген таратылған компьютерлік жүйелерді құруға, ауыстыруға немесе өзгертуге мүмкіншілігі бар.

Таратылған біррангілі архитектуралар. Таратылған біррангілі архитектуралар бойынша қосымшалар серверімен өзара әрекеттесетін клиент компонентке қарағанда көп жұмыс жасайды. Ол соңғы қолданушымен интерфейсті қолдап отыруы мүмкін және қосымшалар сервері болып табылады. Жалпы жағдайда берілген архитектура түрінде клиент немесе сервер кейбір сервистерді сұрай да ұсына да алады. Бұл ақпараттық жүйелерді жобалау кезеңінде таратылған компьютерлік жүйелер бойынша жоғарыда көрсетілген үш топтың шешілетін есепте оптимальді болатын функцияларының декомпозицияларын іске асырады.

Таратылған біррангілі архитектуралар екідеңгейлі және үшдеңгейлі архитектураларға қарағанда мейлінше әмбебапты мінездемеге ие. Логикалық компоненттердің анық шектеулігі таратылған біррангілі архитектураға тән және бағдарламалық құралдардың рационалды таңдауы таратылған компьютерлік жүйелердің өнімділігі және ашықтылығы икемді деңгейіне жетуге мүмкіндік береді, бірақ әзірше екідеңгейлі және үшдеңгейлі архитектуралардың қолданылуына жете алмайды.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

1. Надежность технических систем. Справочник / под ред. И.А. Ушакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 28 с.
2. Турута Е.Н. "Конспект лекций по дисциплине: "Распределенные вычислительные системы и сетевые технологии". Раздел "Отказоустойчивость распределенных вычислительных систем". – М.: МТУСИ, 2001. – 89 с.

Байжуманова Ж.Д., Бейсембекова Р.Н.

#### **Архитектура взаимодействия компонентов распределенных компьютерных систем.**

**Резюме.** В данной статье под проектированием архитектуры взаимодействия компонентов компьютерных систем понимается выделение базовых компонентов, разработка их интерфейсов, а также определение правил и принципов взаимодействия этих компонентов.

Beisembekova R., Baizhumanova Zh.

**Architecture of cooperation of components of the distributed computer systems.**

**Summary.** To data to the article, planning of architecture of cooperation of components of the computer systems is understand the selection of base components, development of their interfaces, and also determination of rules and principles of cooperation of these components.

УДК 519.7+621.394.67

**Б.С.Ахметов, А.А.Досжанова, Т.С.Картбаев, А.И.Иванов, А.Ю.Малыгин**  
(Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)  
(Пензенский научно-исследовательский электротехнический институт,  
Пензенский государственный университет, Пенза Россия)

**ТЕХНОЛОГИЯ БИОМЕТРИЧЕСКОГО ОБЕЗЛИЧИВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ  
ИСТОРИЙ БОЛЕЗНЕЙ ПАЦИЕНТОВ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ**

**Аннотация.** Рассматривается технология высоконадежной биометрико-нейросетевой аутентификации пациентов медицинских учреждений. Она позволит проводить процедуру обезличивания электронных историй болезней в медицинских учреждениях за счет размещения персональных данных в биометрико-нейросетевых контейнерах, и тем самым обеспечить их безопасную передачу и прием по открытым каналам связи

**Ключевые слова:** высоконадежная биометрико-нейросетевая аутентификация, обезличивание электронных историй болезней, повышение защищенности персональных данных пациентов медицинских учреждений.

В настоящее время активно идут процессы повсеместного использования Интернет-пространства и цифровой мобильной телефонии. В ближайшее время будет осуществлен переход к цифровому телевидению, активно развивается электронное правительство и электронное предпринимательство. Все эти процессы ставят ряд проблем перед биометрией и криптографией. То, что было создано в прошлом веке, в части биометрических технологий в Интернет-пространстве не работает. К сожалению, до сих пор Интернет остается анонимной, обезличенной средой с низким доверием к ней. Это, с одной стороны, является питательной средой для разного рода мошенников, а с другой – подрывает доверие обычных граждан к новым информационным технологиям. Следует создавать новые технологии, которые гарантировано обеспечивают анонимность и обезличенность граждан при доступе к услугам Интернет и в то же время обеспечивают высокий уровень доверия к среде Интернет за счет специальных механизмов биометрической обезличенной авторизации граждан с последующей возможностью дезавуирования их обезличенности или анонимности при возникшей в этом необходимости.

Как правило, переход к цифровым технологиям порождает лавинообразный рост объемов доступной информации. Подобное изменение ситуации воспринимается обычными гражданами как хаос. Для того чтобы успешно бороться с первоначальным информационным хаосом, приходится создавать специальные механизмы классификации и учетности больших объемов цифровой информации. В Интернет-пространстве появились специальные коммерчески успешные компании, специализирующиеся на поисковых услугах (на непрерывной классификации информации в Интернете). В мобильных телефонах роль механизма учетности играет СИМ-карта с асимметричной криптографией оператора сотовой телефонной связи. Обычные люди для авторизации значимой для них цифровой информации могут воспользоваться электронной цифровой подписью.

Современная криптография в настоящее время активно разрабатывает специальные протоколы и механизмы, ориентированные на новые потребности цифрового информационного общества. Уже разработаны «слепая» электронная цифровая подпись, «хрупкие» цифровые «водяные» знаки. Все эти протоколы и механизмы очень эффективны, так как построены на владении тайной личного криптографического ключа. В идеальных условиях, когда пользователю действительно удастся сохранить тайну своего личного ключа, криптографические механизмы защиты оказываются действительно сильными, и хакеры даже не пытаются атаковать криптографическую защиту. То есть главной

сегодняшней проблемой безопасности цифрового информационного общества является проблема сохранения в тайне связи личных криптографических ключей граждан информационного общества [1,2].

Этой проблеме в настоящее время уделяется значительное внимание как у нас в стране, так и за рубежом. Исследователи США и Канады фактически являются мировыми лидерами по созданию и продвижению относительно слабой биометрии открытых биометрических образов, используемых полицейскими системами автоматической аутентификации, при этом они строятся с использованием нечёткой логики. Исследователи России, Белоруссии и Казахстана предлагают использовать нейросетевые преобразователи биометрия-код, при этом средства биометрической аутентификации строятся с использованием искусственных нейронных сетей большого размера [3-5].

Обобщая вышесказанное, можно констатировать, что бурно идущий процесс информатизации современного общества и активный переход населения к использованию электронных ON-LINE услуг требует надежной авторизации электронных обращений граждан, а сами граждане нуждаются в надежной защите их персональной информации, циркулирующей в сети Интернет. Особенно это актуально для медицинских учреждений, в которых должна поддерживаться конфиденциальность, обезличенность или анонимность персональных данных пациентов [6].

Если изъять из электронных историй болезни всю персональную идентификационную информацию о больном и заменить ее номером больного и его обезличенным нейросетевым защищенным контейнером с биометрией, то оператор медицинских информационных услуг сможет хранить электронные истории болезней в открытой форме в своей информационной системе. Даже если база электронных болезней будет похищена, это не приведет к репутационным потерям лечебного учреждения и ущербу для его больных. Злоумышленник, похитивший базу обезличенных историй болезней, не может ею воспользоваться, так как он не знает, кому принадлежит та или иная история болезни.

Врач или иной работник медицинского учреждения всегда может убедиться в том, что перед ним находится действительный владелец персональной информации в виде конкретной электронной истории болезни. Врачу для этого достаточно попросить больного биометрически аутентифицироваться. Если автомат подтвердит биометрическую аутентификацию больного, находящегося в защищенном нейросетевом контейнере, то врач может быть уверен в факте принадлежности истории болезни конкретному человеку.

С одной стороны, обезличивание персональных данных пользователей является крайне эффективной процедурой защиты, однако в ряде случаев оператор информационных услуг должен иметь возможность в заранее определенном законом порядке снять защиту обезличенности персональных данных пользователя помимо его воли. Например, эта ситуация может возникнуть для больных с социально-значимыми заболеваниями. С одной стороны врачи, не зная персональных данных больного, оказываются защищенными от угрозы возможного разглашения чьей либо персональной информации, однако с другой стороны врачи обязаны предоставить персональную информацию о больном органам обеспечения правопорядка в случае злоупотреблений больным своей анонимностью и угрозы нанесения этим вреда обществу.

Возникает противоречие: врач или оператор иных услуг не должен знать имени своего клиента и его биометрию, однако в случаях, предусмотренных законодательством, он должен всемерно помогать органам правопорядка, проводящим расследование общественно опасных действий анонимных (обезличенных) потребителей услуг. Это противоречие технически разрешимо, если вводить третью сторону (гаранта анонимности) и пользоваться при шифровании асимметричной криптографией.

Современная асимметричная криптография [7, 8] построена на том, что абоненты имеют (создали для себя) пару ключей: открытый (известный всем) ключ и личный (секретный) ключ. Важнейшим свойством асимметричной криптографии является то, что, имея свой личный ключ и чужой открытый ключ, два абонента могут сформировать общий секретный ключ для организации между двумя абонентами канала конфиденциальной связи. Будем рассматривать ситуацию, когда двумя абонентами виртуального канала связи являются пользователь и гарант его анонимности. С помощью своего секретного ключа и чужого открытого ключа и тот и другой могут организовать между собой конфиденциальный обмен данными. Эта ситуация отображена на рисунке 1.

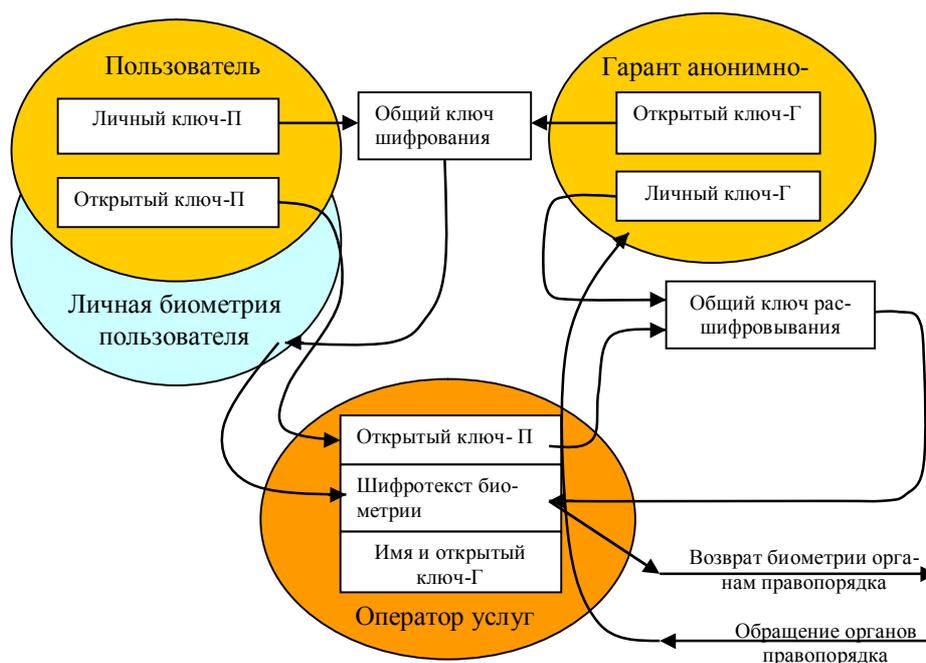


Рис. 1. Взаимодействие пользователь и гаранта его анонимности

Пользователь не желает, чтобы оператор информационных услуг знал его имя и биометрию. В связи с этим пользователь шифрует свою биометрию на общем ключе, полученном из открытого ключа гаранта анонимности и личного ключа пользователя. Шифротекст данных своей биометрии (отпечатка пальца, рукописного слова, голосовой фразы, свою цифровую фотографию, цифровую фотографию своего паспорта и так далее) пользователь передает оператору предоставления услуг, который хранит полученный шифротекст в совокупности с открытым ключом пользователя. Эта возможность обусловлена тем, что общий ключ шифрования для асимметричной криптографии является однозначной функцией личного ключа пользователя-  $k_{лп}$  и открытого ключа гаранта анонимности  $K_{окг}$ :

$$K_{ш} = F(k_{лп}, K_{окг}). \quad (1)$$

Для оператора услуг доступ к биометрии пользователя исключен, так как он не имеет личного ключа пользователя –  $k_{лп}$  и не может получить общий ключ расшифровывания биометрии (1). Этот ключ может быть получен только самим пользователем или гарантом анонимности.

Гарант анонимности может получить ключ для расшифровывания биометрии, если ему известен открытый ключ –  $K_{окп}$  пользователя, через применение своего личного ключа  $k_{лг}$ :

$$K_{рш} = F(k_{лг}, K_{окп}). \quad (2)$$

Независимо от того, какая из общепринятых схем асимметричного шифрования используется, ключи шифрования и расшифровывания, полученные пользователем и гарантом анонимности, совпадают:

$$K_{рш} = K_{ш}. \quad (3)$$

В случае необходимости расшифровать биометрию пользователя и идентифицировать по ней анонимного пользователя органы правопорядка должны обратиться к оператору и получить от него открытый ключ пользователя, шифротекст его биометрии и имя его гаранта анонимности. Далее органы правопорядка должны передать шифротекст биометрии и открытый ключ пользователя гаранту его анонимности. Только гарант анонимности может воспользоваться своим личным ключом и открытым ключом пользователя для получения ключа расшифровывания биометрии.

Если гарант анонимности убедился в законности обращения к нему органов правопорядка, то он синтезирует ключ расшифровывания и расшифровывает шифротекст данных биометрии. По открытой биометрии органы обеспечения правопорядка могут найти пользователя, который злоупотребил своей анонимностью.

Таким образом, приведенная на рисунке 1 схема, с одной стороны обеспечивает анонимность и обезличенность пользователей, а с другой – оператор предоставления информационных услуг всегда может законным образом дезавуировать анонимность своего пользователя, обратившись, в соответствии с законом, к органам обеспечения правопорядка.

Заметим, что гарант анонимности при правильной организации процедур защиты персональной информации, так же как и оператор информационных услуг, не может злоупотребить своим положением. Пока гарант анонимности не получит шифротекст персональных данных пользователя и его открытый ключ, он не может злоупотребить доверием пользователя и расшифровать его персональные данные. Технически возможно введение еще одной стороны, обеспечивающей защиту анонимности (обезличенности) и хранение открытого ключа пользователя и его шифротекста разными юридическими (физическими) лицами. В этом случае органы правопорядка должны будут мотивированно обращаться к двум лицам – юридическим или физическим.

Институт гарантов анонимности, видимо, будет занимать важное место в обеспечении цифровой демократии информационного общества. Гарантами анонимности могут быть: адвокат, нотариус, главный врач, удостоверяющий центр, родственник, губернатор и так далее. Главным условием, предъявляемым к гаранту анонимности, является то, что он должен дать свое согласие на выполнение новой общественно важной функции, кроме того, он должен тщательно хранить свой личный ключ и поддерживать работоспособность и конфиденциальность своего личного ключа достаточно длительные сроки.

Предположительно поток обращений к органам правопорядка и гарантам анонимности от операторов информационных услуг и от иных граждан информационного общества будет незначителен. Однако сам факт возможности снятия анонимности (обезличенности) биометрии пользователя должен дисциплинировать пользователей и исключать попытки злоупотребления своей анонимностью.

Практическая значимость предлагаемой технологии заключается в повышении защищенности персональных данных пациентов медицинских учреждений с помощью высоконадежной биометрико-нейросетевой аутентификации. Она позволит проводить процедуру обезличивания электронных медицинских карт и электронных документов медицинских информационных систем за счет размещения персональных данных в биометрико-нейросетевых контейнерах, и тем самым обеспечить их безопасную передачу и прием по открытым каналам связи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Ахметов Б.С., Волчихин В.И., Иванов А.С.* Преимущества биометрико-нейросетевого хранения конфиденциальной информации мобильного пользователя // Вестник КазНТУ им.К.И.Сатпаева, 2011, №3. – С.173-178.
2. *Ахметов Б.С., Иванов А.С., Трифонов С.Е.* Биометрические удостоверяющие центры шаговой доступности // Новости науки Казахстана, 2011, N3. – С. 34-41.
3. *Y. Dodis, L. Reyzin, A. Smith* Fuzzy Extractors: How to Generate Strong Keys from Biometrics and Other Noisy, Data April 13, 2004.
4. *C. Soutar, D. Roberge, A. Stoianov, R. Golroy, and B. Vijaya Kumar.* Biometric Encryption //ICSA Guide to Cryptography, McGraw-Hill, 1999, also available at <http://www.bioscrypt.com/assets/Biometric Encryption.pdf>
5. *Захаров О. С., Иванов А.И., Хозин Ю. В.* Применение средств многомерной нейросетевой биометрии – путь к безопасному обмену в открытом информационном пространстве //Нейрокомпьютеры: разработка, применение, 2007, №12. – С.20-21.
6. *Иванов А.И., Кисляев С.Е., Гелашвили П.А.* Искусственные нейронные сети в биометрии, медицине, здравоохранении. – Самара: ООО «Офорт», 2004. – 236 с.
7. *Бабаиш А.В., Шанкин Г.П.* Криптография. – М.: Солон-Р, 2002. – 512 с.
8. *Романец Ю.В., Тимофеев П.А., Шаньгин В.Ф.* Защита информации в компьютерных системах и сетях. – М.: Радио и связь, 1999. – 328 с.

Ахметов Б.С., Досжанова А.А., Иванов А.И., Картбаев Т.С., Малыгин А.Ю.

**Медициналық ұйымдардағы емделушілердің ауруларының электронды тарихын биометриялық несіздендіру технологиясы.**

**Түйіндеме.** Биометриялық идентификация негізінде ресми қолданушылардың жүйеге кірудегі қателіктің ықтималдығын бағалау қарастырылады. Егер қатенің пайда болуының сирек жағдайы күтілмей, олардың пайда болуының ықтималдылығын болжаса, тестілік іріктеуді бірнеше рет қысқартуға болатындығы көрсетілген. Өртүрлі Хэмминг қашықтықтары мәнімен ықтималды қателіктерді үлестіруді сипаттау үшін өте кіші мәнді корреляцияланған мәліметтерге хи-квадрат үлестірілуін қолдану ұсынылған.

**Кілттік сөздер:** жоғары сенімділікті биометрлі-нейрожелілік аутентификация, аурулардың электронды тарихын иесіздендіру, медициналық ұйымдардың емделушілерінің жеке мәліметтерін қорғанысын жоғарылату

Ахметов Б.С., Досжанова А.А., Иванов А.И., Картбаев Т.С., Малыгин А.Ю.

**Технология биометрического обезличивания электронных историй болезней пациентов медицинских учреждений.**

**Резюме.** Рассматривается технология высоконадежной биометрико-нейросетевой аутентификации пациентов медицинских учреждений. Она позволит проводить процедуру обезличивания электронных историй болезней в медицинских учреждениях за счет размещения персональных данных в биометрико-нейросетевых контейнерах, и тем самым обеспечить их безопасную передачу и прием по открытым каналам связи

**Ключевые слова:** высоконадежная биометрико-нейросетевая аутентификация, обезличивание электронных историй болезней, повышение защищенности персональных данных пациентов медицинских учреждений.

Akhmetov B.S., Doszhanova A.A., Ivanov A.I., Kartbayev T.S., Malygin A.Yu.

**Technology of biometric anonymization of electronic medical histories of patients.**

**Summary.** This article discusses the technology of highly reliable biometrical-neural network authentication of medical facilities' patients. It allows carrying out the anonymization procedure of electronic medical histories in hospitals by placing personal data in biometrics-neural containers, and thus ensuring their secure transmission and reception by open channels of communication

**Key words:** highly reliable biometrical-neural network authentication, anonymization of electronic medical histories of patients, improving the security of the personal data of medical patients.

УДК 613.648: 624.04: 621.375

**М.Т. Жараспаев, К.М. Касенов, Д.С. Ким**

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева)  
(Институт ядерной физики Агентства Республики Казахстан по атомной энергии,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛУТОНИЯ НА ЖИВОЙ ОРГАНИЗМ С ПОМОЩЬЮ УСТАНОВКИ ЛАЗЕРНОГО НАГРЕВА ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ДО ТЕМПЕРАТУРЫ ВЫШЕ 2000°С**

При тяжелых ядерных авариях из активной зоны реактора происходит выброс большого количества продуктов деления высокоактивных топливных материалов. Некоторая часть выделившейся активности удержится в первом контуре реактора, а остальная попадет в защитную оболочку, и при её разгерметизации произойдет залповый выброс радиоактивных компонентов в окружающую среду. Главной целью проведённых исследований является прогноз и оценка радиационных рисков, угрожающих человеку при ликвидации последствий аварии на ядерном реакторе со смешанным топливом ( $U_{0.8}Pu_{0.2}O_2$ ), состоящим из диоксида смеси урана (80%) и плутония (20%). Последующая оценка безопасности при ликвидации последствий радиационной аварии на реакторе со смешанным топливом ( $U_{0.8}Pu_{0.2}O_2$ ) должна быть проведена с учётом дозы однократного внешнего облучения, которая обуславливает конкретные реабилитационные мероприятия.

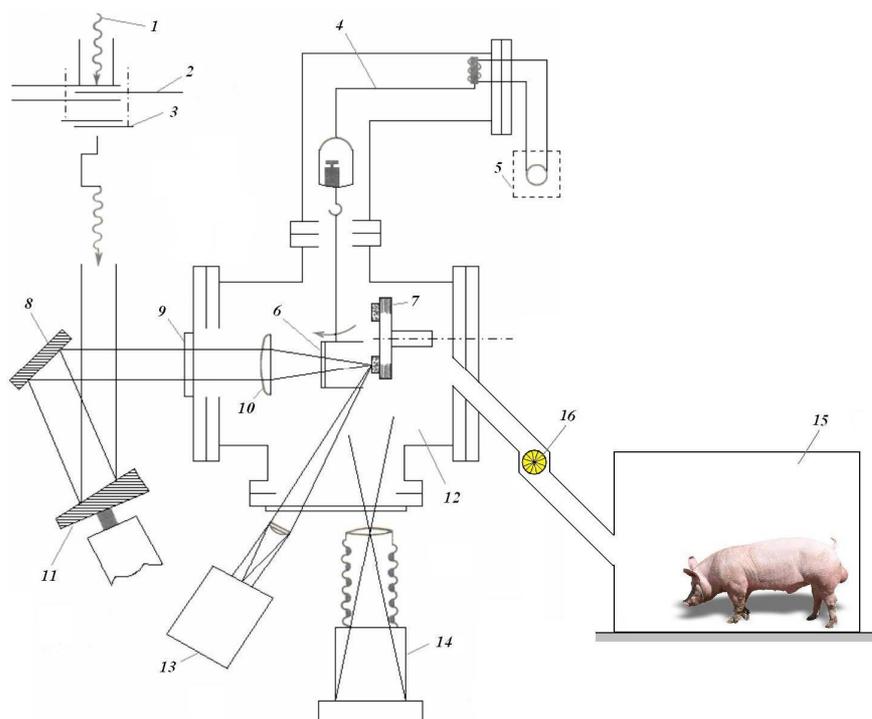
Уровни радиоактивного облучения человека, а также качественные и количественные характеристики доз, получаемых при ликвидации последствий аварии, определяются видом ядерного топлива, используемого в активной зоне.

С помощью установки лазерного нагрева ядерного топлива до температуры выше 2000°С во вне реакторных экспериментах [1] установлено, что радиоизотопный состав аварийных выделений из активной зоны реактора на смешанном топливе, формирующих дозовую нагрузку на человека, отличается высоким содержанием устойчивого соединения  $PuO_2$ , а также большого количества чистого плутония  $Pu^{238}$ ,  $Pu^{239}$ ,  $Pu^{240}$ ,  $Pu^{241}$ ,  $Pu^{242}$ , долгоживущего и наиболее радиотоксичного по сравнению с остальными составляющими ожидаемого выброса (таблица 1).

Таблица 1. Объёмные активности радионуклидов, содержащихся в испарениях топлива  $(U_{0.80}Pu_{0.20})O_{2.00}$  при температуре 2000°C [2].

Нуклид	Период полураспада	ДОА (допустимая объёмная активность), Бк/м <sup>3</sup> [3]	Измеренная объёмная активность нуклида, 10 <sup>12</sup> Бк/м <sup>3</sup>	Активность нуклида, %, к общей активности
<sup>133</sup> Xe	5,3 сут	160 000	1,6	0,16
<sup>135</sup> Xe	9,2 ч	5 180	1,33	0,14
<sup>138</sup> Xe	14 мин	7 770	1,33	0,14
<sup>85m</sup> Kr	4,5 ч	2 146	0,32	0,03
<sup>87</sup> Kr	76 мин	14 800	0,53	0,05
<sup>88</sup> Kr	171 мин	2 997	0,73	0,07
<sup>89</sup> Kr	3 мин	1 110	1,01	0,1
<sup>238</sup> Pu	87,7 лет	0,53	0,002	0,0003
<sup>239</sup> Pu	24 100 лет	0,53	0,024	0,002
<sup>240</sup> Pu	6 540 лет	0,53	0,008	0,0009
<sup>241</sup> Pu	14,4 лет	50	0,013	0,001
<sup>242</sup> Pu	376 000 лет	0,57	0,007	0,0007
<sup>132</sup> Te	78 ч	40	0,001	0,0001
<sup>131</sup> I	8,05 сут	7,3	0,003	0,0003
<sup>132</sup> I	2,3 ч	148	0,004	0,0004
<sup>133</sup> I	21 ч	20,35	0,001	0
<sup>134</sup> I	52 мин	296	0,001	0
<sup>135</sup> I	6,6 ч	66,6	0,001	0
<sup>90</sup> Sr	9,5 ч	318,2	0,001	0,0001
<sup>140</sup> Ba	13 сут	22	0,001	0,0001
<sup>57</sup> Co	271 сут	8 500	0,009	0,0009
<sup>65</sup> Zn	244 сут	2 800	0,004	0,0004
<sup>147</sup> Nd	11 сут	4 000	0,004	0,0004
<sup>147</sup> Pm	2,62 года	1 700	0,003	0,0003
<sup>145</sup> Sm	340 сут	5 300	0,007	0,0007
<sup>235</sup> U	704 000 000 лет	2,9	0,019	0,002
<sup>238</sup> U	4 470 000 000 лет	2,4	0,019	0,002
<sup>237</sup> Np	2 140 000 лет	0,38	0,001	0,0001
<sup>242</sup> Cm	163 сут	1,7	0,002	0,0002
Суммарная объёмная активность			6,985 · 10 <sup>12</sup> Бк	

Для проведения экспериментов по изучению воздействия плутония на живой организм горячая камера 12 установки лазерного нагрева топлива была соединена с плексигласовой камерой 15, предназначенной для подопытных животных (рисунок 1).



**Рис. 1.** Принципиальная схема установки с лазерным испарением образцов ядерного топлива при температуре выше 2000°С: 1 – пучок газового лазера с CO<sub>2</sub>; 2 – плазменный прерыватель; 3 – затвор; 4 – вакуумные весы; 5 – компенсационная цепь; 6 – баллистический коллектор с окном для пучка; 7 – поворотный стол для мишеней; 8 – неподвижное зеркало; 9 – окно для пучка; 10 – линза; 11 – подвижное зеркало; 12 – горячая камера; 13 – быстродействующий микропирометр для измерения температуры в фокусном пятне и времени испарения; 14 – камера для наблюдения за струей газа; 15 – плексигласовая камера для подопытных животных; 16 – вентилятор, обеспечивающий приток испарений из камеры 12 в камеру 15.

При вычислении доз облучения, которые могут быть получены в результате утечки продуктов деления из активной зоны реактора на смешанном топливе, требуется учитывать сложные, разнообразные и взаимосвязанные факторы, относящиеся к поведению плутония. Для расчетов необходимо иметь данные или сделать соответствующие допущения об условиях облучения, в том числе о составе радиоактивных продуктов, размерах частиц, концентрации активности и времени облучения.

В ходе экспериментов использовалась методика, включающая в себя искусственное облучение свиней плутонием; глубокое исследование метаболизма радиоактивных веществ в живом организме; забой подопытных животных; спектрометрический анализ различных облучённых органов и тканей свиней для последующей оценки внутреннего облучения человека плутонием в результате возможной аварии активной зоны реактора, работающего на смешанном ядерном топливе. Спектрометрический анализ биологических образцов производился с помощью измерительного комплекса “Прогресс-2000”, разработанного научно-производственным предприятием “Доза” (ул. №4806, д. 6. 124460, г. Москва, Российская Федерация).

Чтобы оценить степень удержания плутония в человеческих тканях, органах и их системах, были проведены эксперименты именно над свиньями, поскольку организм человека имеет больше аналогий с организмом свиньи, чем с организмами других наземных млекопитающих. По данным Института молекулярной биологии Академии наук Российской Федерации [4], у человека и у свиньи почти одинаковое содержание гемоглобина и белков в крови, а также размеры эритроцитов и группы крови; свинья, как и человек, всеядна, сходно протекают процессы пищеварения; кожа человека, как и свиньи, может загорать на солнце; кроме того, существует много общих особенностей в строении зубов, глаз, печени, почек: свиное сердце весит 320 г., человеческое – 300 г., масса легких – 800 г. и 790 г., соответственно, почек – 260 и 280 г., печени – 1600 и 1800 г; болезни новорожденных поросят примерно такие же, как у грудных детей, а строение молекулы гормона роста свиньи и человека совпадает на 70%. Выявленные на сегодняшний день аналогии позволяют успешно трансплантировать в человеческий организм многие органы и ткани свиньи.

Всего в экспериментах участвовало 32 свиньи. В ходе экспериментов были исследованы три основных пути поступления плутония в организм свиньи: ингаляционный (с вдыхаемым воздухом), пероральный (с кормом) и контактный (с помощью введения подкожной инъекции).

Для ингалирования плутония организмом свиньи подопытные животные помещались в герметичную камеру из плексигласа 15, в которую с помощью приточной вентиляции 16 нагнетался плутоний, образовавшийся в горячей камере 12 установки лазерного нагрева образцов ядерного топлива  $(U_{0.8}Pu_{0.2})O_2$  до температуры выше  $2000^\circ C$  [1]. Время непрерывного ингалирования плутония составляло в среднем 2 часа в зависимости от интенсивности дыхания каждой подопытной особи. Объем вдыхаемого свиньями воздуха (при одном вдохе) составлял  $0,4 \cdot 10^{-3} \dots 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$ , а интенсивность дыхания колебалась в пределах 15...20 вдохов в минуту; таким образом, за 2 часа в организм свиньи поступало порядка  $1 \text{ м}^3$  воздуха, содержащего плутоний, что и требовалось для выполнения условий спектрометрических исследований счётных образцов.

В ходе экспериментов по лазерному нагреву образцов смешанного топлива  $(U_{0.8}Pu_{0.2})O_2$  общей массой 1 кг до температуры выше  $2000^\circ C$  установлено, что суммарная объёмная активность плутония, содержащегося в образовавшихся испарениях, составляет  $54 \cdot 10^{15} \text{ Бк/м}^3$  (таблица 1). Таким образом, за 2 часа в организм свиньи ингаляционным путём поступало 54 ПБк плутония.

Пероральное поступление плутония в организм свиньи обеспечивалось за счёт кормления подопытных животных зернофуражом, ранее помещённым в горячую камеру 12 установки лазерного нагрева над образцом ядерного топлива  $(U_{0.8}Pu_{0.2})O_2$  и облучённым испарениями, содержащими изотопы плутония  $Pu^{238}$ ,  $Pu^{239}$ ,  $Pu^{240}$ ,  $Pu^{241}$ ,  $Pu^{242}$ . Удельная активность плутония-239 в облучённом корме составляла 12 ПБк/кг ( $12 \cdot 10^{15} \text{ Бк/кг}$ ); уровни содержания других изотопов плутония не превышали уровня чувствительности спектрометра. Кормовая дозировка каждой свиньи, равная 1 кг, обеспечивала однократное пероральное поступление 12 ПБк плутония-239 в организм каждой подопытной особи.

Поскольку кожа подопытных свиней не имела повреждений, искусственное нанесение которых запрещено Европейской Конвенцией о защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных научных целях (ETS №123, Страсбург, 18 марта 1986 г.), контактное поступление плутония в организм свиньи осуществлялось путём введения внутримышечной инъекции физического раствора объёмом 20 мл с концентрацией плутония-239, равной 1 г/мл.

Данные таблицы 1 показывают, что среди изотопов плутония преобладающий вклад в суммарную активность, измеренную в испарениях над уран-плутониевым оксидом  $(U_{0.8}Pu_{0.2})O_2$ , вносит плутоний-239 (Pu-239). Закономерно, что именно этот радиоизотоп в наибольшем количестве отложится в живом организме, и его выведение впоследствии потребует принятия комплексных медико-реабилитационных мер.

Для того чтобы разработать курс терапии по выведению радиотоксичного плутония из организма, необходимо рассчитать дозовые нагрузки на основные места накопления изотопов.

В настоящее время доза внутреннего облучения внутренних органов и костей от частиц любого радиоактивного вещества, проникших в организм, рассчитывается исходя из допущения, что излучаемая энергия равномерно распределяется по всей ткани органа [5]. Результирующим принимается среднее значение дозы для всего органа.

Двуокись плутония испускает альфа-частицы с энергией 5,14 МэВ и длиной пробега в ткани менее 40 мкм, атомы отдачи со средней энергией около 0,084 МэВ и низкоэнергетическое рентгеновское и гамма-излучение, которое характеризуется энергией менее 0,01 МэВ на распад. Считается, что в любом органе поглощаются все альфа-частицы и атомы отдачи, а также часть рентгеновского и гамма-излучения; это зависит от размеров органа [6].

Эффективная энергия ( $E_{\text{eff}}$ ) излучения рассчитывается для каждого конкретного радиоизотопа в отдельном органе. При равномерном отложении радиоактивных веществ в каждом из нескольких органов можно вычислить поглощенную дозу. Для удобства вычислений полученные значения эффективной энергии представлены в таблице 2 [7].

Таблица 2. Значения эффективной энергии различных видов излучения, испускаемых путонием-239 [7], поступившим в живой организм.

Вид излучения	Энергия E, МэВ/распад	Коэффициент качества, CQ	E <sub>eff.</sub> , МэВ		
			Костная ткань	Желудочно-кишечный тракт	Другие органы
Альфа-излучение	5,14	10	257	0,51	51,4
Атомы отдачи	0,084	20	8,4	0,01	1,68
Рентгеновское и гамма-излучение	0,0085	1	0,04		
Всего			270	0,52	53,0

Однако оценивать радиационную нагрузку от частиц поступившего в организм радиоактивного вещества следует на основе эквивалентной, а не поглощённой дозы, потому что, во-первых, характеристики различных видов излучения неодинаковы, равно как и функциональное значение органов для организма и их чувствительность, а, во-вторых, в большинстве случаев радиоактивные вещества в ткани распределяются неравномерно.

Для радиационной защиты эквивалентная доза ( $D_{eqv}$ , Зв) определяется как произведение поглощенной дозы ( $D_{abs}$ , Гр), коэффициента качества (CQ) и коэффициента распределения дозы (CD) [8]:

$$D_{eqv} = D_{abs} \cdot CQ \cdot CD \quad (1)$$

Эквивалентная доза на 1 мккюри · сутки определяется по уравнению:

$$\frac{D_{eqv}}{\text{мккюри} \cdot \text{сутки}} = 51,2 \frac{E_{eff}}{m} \quad (2)$$

где:  $E_{eff}$  – эффективная энергия излучения;

$m$  – масса органа, г.

Коэффициенты, приведённые в таблице 2, использовались и при определении эффективных энергий других компонентов смешанного ядерного топлива. Эффективные энергии для каждого из продуктов деления ( $U_{0.8}Pu_{0.2}$ )O<sub>2</sub> [9] в лёгких, костной ткани, печени и яичниках представлены в таблице 3.

Таблица 3. Эффективные энергии для различных компонентов смешанного топлива ( $U_{0.8}Pu_{0.2}$ )O<sub>2</sub> [9] при их содержании в легких, костной ткани, печени и яичниках.

Радиоизотоп	Доля активности, Бк радиоизотопа / Бк смеси изотопов	E <sub>eff.</sub> , МэВ			
		Лёгкие	Костная ткань	Печень	Яичники
Уран-238	$1,9 \cdot 10^{-2}$	43	220	43	43
Нептуний-237	$1,36 \cdot 10^{-4}$	49	250	49	49
Плутоний-238	$2,83 \cdot 10^{-3}$	53	270	53	53
Плутоний-239	$2,46 \cdot 10^{-2}$	57	284	57	57
Плутоний-240	$8,58 \cdot 10^{-3}$	53	270	53	53
Плутоний-241	$1,3 \cdot 10^{-2}$	0,053	14	1,0	1,6
Плутоний-242	$6,78 \cdot 10^{-3}$	51	250	51	51
Америций-241	$5,89 \cdot 10^{-4}$	57	283	57	57
Америций-243	$3,31 \cdot 10^{-4}$	54	272	54	54
Кюрий-242	$1,84 \cdot 10^{-3}$	64	400	78	78
Кюрий-244	$5,89 \cdot 10^{-4}$	60	300	60	60

В результате экспериментов, проведённых на свиньях, установлено, что большая часть плутония поступает в их организм ингаляционным путём и откладывается преимущественно в лёгких, костях, печени и в органах внутренней половой секреции.

В лабораторных условиях облучения установлено, что некоторая доля поступающего с воздухом плутония ( $f_a$ ), осажается непосредственно в лёгких, при этом удаление 40% начального количе-

ства отложившегося плутония происходит с эффективным периодом полувыведения 1 сутки (24 часа), а остальных 60% – с эффективным периодом полувыведения 500 суток (12000 часов).

В кровь ингаляционным путём попадает лишь небольшое количество плутония. Малая растворимость плутония в жидкостях, выстилающих дыхательные пути, приводит к его отложению и быстрому выделению из носоглоточной и трахеобронхиальной областей. Тем не менее, продолжительное удержание частиц в лёгочной области приводит к всасыванию в кровь около 5% ингалированного  $PuO_2$ ; около 15% отложений в пульмонарной области, которые передаются в лёгочные лимфатические узлы, в конечном итоге достигают системы кровообращения. Таким образом, приблизительно 20% частиц, отложившихся в лёгочной области, через некоторое время перенесётся в другие органы с кровью или циркулирующей лимфой.

Таким образом, можно предположить, что прием внутрь 1 беккереля (Бк) плутония приведет к получению дозы  $I$  [10, 11]:

$$I = f_a \cdot \left( \frac{40\% \cdot 24ч}{0,693} + \frac{60\% \cdot 12,000ч}{0,693} \right) = 10404 \cdot f_a \text{ Бк/ч}, \quad (3)$$

где  $f_a$  – активность плутония, поступившего в организм свиньи с вдыхаемым воздухом, Бк.

Величина дозы внутреннего облучения человека во многом зависит от массы его органов и интенсивности дыхания, которые, в свою очередь, подвержены возрастным изменениям. Дозовая нагрузка от плутония на внутренние органы, накопленная к 70-летнему возрасту, в зависимости от времени поступления плутония-239 в организм, может быть рассчитана по формуле [10, 11]:

$$D_{1,2} = K \cdot \left[ \frac{t_2 - t_1}{\ln m_2 - \ln m_1} \cdot \left( \frac{1}{m_1} - \frac{1}{m_2} \right) \right] \text{ Зв/Бк}, \quad (4)$$

где  $D_{1,2}$  – доза многократного облучения человека;  $K$  – поправочный коэффициент, зависящий от органа и ткани:  $K = 47,36 \cdot 10^5$  для лёгких [11];  $K = 5,30 \cdot 10^5$  – для костной ткани [10] и  $K = 1,39 \cdot 10^5$  – для печени [10].

Результаты вычислений представлены в таблице 4.

Таблица 4. Дозы облучения лёгких, костной ткани и печени человека, ожидаемые к 70-летнему возрасту, в зависимости от времени поступления плутония-239 в организм.

Возраст, в котором активность поступила в организм	Предполагаемая масса, г			Средняя интенсивность дыхания, м <sup>3</sup> /ч	Дозовая нагрузка, Зв/Бк отложившейся активности		
	Лёгких	Костной ткани	Печени		В лёгких	В костной ткани	В печени
Новорожденный	66	500	100	0,033	0,03	0,09	0,15
1 год	170	2000	250	0,16	0,02	0,09	0,13
10 лет	450	5900	844	0,62	0,009	0,07	0,09
20 лет (жен.)	764	6800	1450	0,88	0,006	0,06	0,07
20 лет (муж.)	955	10000	1810	0,95	0,005	0,04	0,06

В смешанном топливе ядерного реактора, помимо  $Pu-239$ , присутствуют и другие изотопы плутония, относительные количества которых зависят от характера использования ТВЭЛов. Если рассматривать воздействие плутония на человека отдельно от всех других радиоизотопов, то дозы облучения могут вычисляться на основе данных, приведённых в таблице 5.

Таблица 5. Ожидаемый состав смеси изотопов плутония в топливе

Радиоизотопы	Доля активности*, Бк/Бк смеси изотопов	Период полураспада, сутки	Доза на единицу активности, отложившейся в костной ткани, печени и яичниках, Зв/Бк отложившейся активности
Плутоний-238	0,0028	$3,3 \cdot 10^4$	0,06
Плутоний-239	0,025	$8,9 \cdot 10^6$	0,07
Плутоний-240	0,0085	$2,4 \cdot 10^6$	0,07
Плутоний-241	0,013	$4,8 \cdot 10^3$	0,02
Плутоний-242	0,0068	$1,4 \cdot 10^8$	0,07
Всего			0,29

\* Удельная активность составляет  $17,113 \cdot 10^{12}$  Бк/кг смеси изотопов плутония [12]

Если доля ингалированного плутония ( $f_a$ ) не установлена, дозовая нагрузка от плутония, отложившегося в лёгких, может быть определена по формуле [12]:

$$I = \frac{1}{0,693} \left\{ 0,4 \cdot \frac{T_{1/2}}{T_{1/2} + 1} \cdot \left[ 1 - e^{-0,693t} \left( \frac{T_{1/2} + 1}{T_{1/2}} \right) \right] + 0,6 \cdot \frac{500 \cdot T_{1/2}}{T_{1/2} + 500} \cdot \left[ 1 - e^{-0,693t} \cdot \left( \frac{T_{1/2} + 500}{500 \cdot T_{1/2}} \right) \right] \right\} \quad (5)$$

где  $t = 50 \cdot 365 = 18250$  суток,  $T_{1/2}$  – период полураспада.

Таким образом, каждый мккюри плутония-239, отложившегося в лёгких, за сутки приведёт к облучению 426,9 мккюри:

$$I = 1,433 \cdot [0,4 + 0,6 \cdot 493] = 426,9 \frac{\text{мккюри} \cdot \text{сутки}}{\text{мккюри}_{\text{Pu}^{239}}} \quad (6)$$

Однако на Pu-239 приходится только 0,025 общей активности смеси изотопов плутония, поэтому вклад Pu-239 в суммарную дозу составит 10,67 мккюри в сутки на каждый мккюри смеси изотопов, отложившихся в лёгких [8]:

$$I = 0,025 \cdot 426,9 = 10,67 \frac{\text{мккюри}_{\text{Pu}^{239}} \cdot \text{сутки}}{\text{мккюри}_{\text{mix}}} \sum, \quad (7)$$

тогда суточная доза от каждого мккюри Pu-239, отложившегося в лёгких, составит 3,82 бэр [8]:

$$\frac{CD}{\text{мккюри}_{\text{Pu}^{239}}} = 51,2 \cdot \frac{E_{\text{eff}}}{t} = 51,2 \cdot \frac{57}{764} = 3,82 \frac{\text{бэр}}{\text{мккюри} \cdot \text{сутки}}, \quad (8)$$

а кумулятивная доза (CD) за счёт Pu-239 будет равна  $0,15 \cdot 10^{-3}$  Зв на беккерель смеси изотопов, отложившихся в лёгких [8]:

$$CD_{\text{Pu}^{239}} = 10,67 \cdot 3,82 = 40,76 \frac{\text{бэр}}{\text{мккюри}} = 0,15 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Зв}}{\text{Бк}}. \quad (9)$$

В таблице 6 представлены прогнозируемые по истечении 50 лет значения дозовых нагрузок на лёгкие, костную ткань, печень и яичники людей, подвергнутых облучению в 20-летнем возрасте, в зависимости от активности изотопов плутония, отложившихся в лёгких.

Таблица 6. Дозовые нагрузки на лёгкие, костную ткань, печень и яичники в зависимости от активности смеси изотопов, отложившейся в лёгких (единица измерения – мк<sup>3</sup>в/Бк смеси изотопов, отложившихся в лёгких).

Радиоизотоп	Дозовая нагрузка на лёгкие	Дозовая нагрузка на костную ткань	Дозовая нагрузка на печень	Дозовая нагрузка на яичники
Плутоний-238	52,17	529,84	655,44	210,46
Плутоний-239	148,11	1459,28	1832,09	593,04
Плутоний-240	67,71	685,24	841,23	272,32

Плутоний-241	4,81	1000,48	446,81	231,32
Плутоний-242	0,07	0,74	1,04	0,29
Всего	272,87	3675,58	3776,61	1307,43

Данные о суммарной дозовой нагрузке на лёгкие, костный скелет, печень и яичники от смеси изотопов Pu-238, Pu-239, Pu-240, Pu-241 и Pu-242, отложившихся в лёгких, представлены в таблице 7.

Таблица 7. Суммарные дозовые нагрузки на лёгкие, костную ткань, печень и яичники в зависимости от активности смеси изотопов, отложившихся в лёгких

	Масса, г	Отложившаяся доля плутония, поступившего в организм ингаляционным путем	Суммарная дозовая нагрузка, мкЗв/Бк смеси изотопов, отложившихся в лёгких
Лёгкие	764	“_“	272,88
Костная ткань	6800	0,39	3675,58
Печень	1450	0,59	3771,41
Яичники	8	0,00093	1308,54

Принимая справочное значение удельной активности смеси изотопов плутония в биологической ткани, равное 17,113 ТБк/кг ( $17,113 \cdot 10^{12}$  Бк/кг) [13], можно рассчитать суммарную дозовую нагрузку на лёгкие, костный скелет, печень и яичники человека, отнесённую к массе, а не к активности смеси изотопов, отложившихся в лёгких. Результаты расчётов представлены в таблице 8.

Таблица 8. Суммарные дозовые нагрузки на лёгкие, костную ткань, печень и яичники в зависимости от массы смеси изотопов, отложившихся в лёгких

	Масса, г	Суммарная дозовая нагрузка, Зв/кг смеси изотопов, отложившихся в лёгких
Лёгкие	764	0,341
Костная ткань	6800	4,594
Печень	1450	4,714
Яичники	8	1,634

Данные таблиц 6–8 показывают, что поглощение плутония из лёгких приводит к отложению 56% поступившего в организм количества в печени, 42% – в скелете и 2% – в других тканях.

Спектрометрический анализ биологических образцов свиней, забитых через сутки после кормления зерном, загрязнённым плутонием, показал, что из желудочно-кишечного тракта в результате частичного растворения происходит усвоение небольшого количества PuO<sub>2</sub>. Верхний предел всасывания плутония из кишечника составил 0,007% от активности, поступившей в организм свиньи пероральным путём, а степень усвоения – не более 0,003%. Столь низкий процент поглощения плутония можно объяснить тем, что слизистая оболочка кишечника служит эффективным барьером для поглощения плутония при облучении. Плутоний, поглощённый из желудочно-кишечного тракта, поступает в кровь в ионной или диффундирующей сложной форме и в результате откладывается в костях.

При оценке внутреннего облучения свиней от контактного поступления плутония рассматривались наиболее уязвимые внешние органы – глаза. Скорость отложения частиц плутония на поверхность при нормальных условиях составляет приблизительно  $5 \cdot 10^{-3}$  м/с, а площадь глаза свиньи – около  $4 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>. Таким образом, оказалось, что общее поглощение плутония поверхностью глаз свиньи будет вдвое больше интегрированного облучения (Бк · с/м<sup>2</sup>). Однако известно, что наибольшую опасность для живого организма представляет контактное поступление радиоактивных веществ через повреждённую кожу. Для имитации поступления плутония через эпидермические повреждения свиньям производились внутримышечные инъекции концентрированного раствора, содержащего плутоний-239.

Результаты спектрометрического анализа биологических образцов свиней, забитых через 12 часов после внутримышечной инъекции плутония, показали, что около 60% поглощенного плутония откладывается в костях, 4% – в печени, и 30% выделяется.

Для количественной оценки выделения плутония из живого организма 12 подопытных особей, облучённых плутонием, содержащимся во вдыхаемом воздухе, в корме и в инъекцированном растворе, были забиты через 4 года после первичных экспериментов, проведённых со всеми 32 свиньями. Перед началом проведения экспериментов прогнозировалось более быстрое выведение плутония из печени, чем из других органов и из костной ткани, однако результаты, полученные после экспериментов, показали гораздо более высокую потенциальную опасность отложения плутония именно в печени. Оказалось, что за 4 года из печени было выведено лишь 20% отложившегося плутония. Время удержания плутония в печени значительно не отличается от времени удержания в костной ткани. Таким образом, начальное консервативное допущение о том, что значительного выведения плутония из печени не происходит, по-видимому, справедливо.

Концентрация плутония в яичниках приблизительно в 20 раз больше, чем в скелетных мышцах и приблизительно в 6 раз больше, чем в сердце. Это было справедливым как для мономерного, так и для полимерного плутония даже через 4 года после первичного облучения.

Экспериментально установлено, что скорость выведения плутония из основных мест отложения в живом организме очень мала, поэтому при оценке дозы внутреннего облучения биологическим выведением можно пренебречь; практический интерес представляет лишь ускорение выведения плутония терапевтическим путём.

Долговременный прогноз внутреннего облучения смесью изотопов плутония сделан с учётом однократного ингаляционного поступления частиц в организм и их последующего распределения по отдельным органам. Доза, приходящаяся на единицу активности Pu-239 (Бк), отложившегося в костной ткани, печени и яичниках, составила 0,07 Зв. Весь спектр изотопов плутония сформировал дозовую нагрузку, равную 0,29 Зв/Бк отложившейся активности.

Прогнозируемая дозовая нагрузка от килограмма смеси изотопов плутония, отложившегося в лёгких, ожидаемая по истечении 50 лет после аварийного облучения человека, должна составить 0,34 Зв на лёгкие; 4,59 Зв – на костную ткань; 4,71 Зв – на печень; 1,63 Зв – на яичники.

Таким образом, дозы внутреннего облучения человека плутонием, содержащимся в испарениях смешанного ядерного топлива ( $U_{0,8}Pu_{0,2}$ )O<sub>2</sub> массой 1 кг, нагретого до температуры выше 2000 °С, не превысят допустимых пределов норм радиационной безопасности [3]. Однако топливная загрузка активной зоны энергетического ядерного реактора может превышать 50 тонн; в случае аварийного облучения продуктами деления ядерного топлива такой массы дозовые нагрузки на организм человека возрастут в десятки тысяч раз.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Жараспаев М.Т., Ким Д.С., Жумагулова Р.Е. Установка для нагревания образцов ядерного топлива до температуры свыше 2000°С во вне реакторных экспериментах // Успехи физических наук, № 6. – Москва, 2012. – Т. 182. – С. 645-648.
2. Жараспаев М.Т., Ким Д.С., Жумагулова Р.Е. Спектрометрический анализ испарений образцов смешанного ядерного топлива ( $U_{0,80}Pu_{0,20}$ )O<sub>2</sub>, нагретых до температуры выше 2000°С // Приборы и техника эксперимента, № 4. – Москва: РАН, «МАИК / Интерпериодика», 2012. – С. 75-79.
3. НРБ-99 СП 2.6.Л.758-99. Нормы радиационной безопасности. Издание официальное. Введ. 1999-01-01. Алматы: Агентство по делам здравоохранения РК, 1999.
4. [http://www.ng.ru/style/2007-01-10/16\\_pig.html](http://www.ng.ru/style/2007-01-10/16_pig.html)
5. Negus V. Comparative anatomy and physiology of the nose and paranasal sinuses // British Medical Journal. – Edinburgh: E. and S. Livingstone Ltd., 1958. – P. 337.
6. Report of the Agricultural Research Council Radio biological Laboratory. Surveys of radioactivity in human diet and experimental studies: ARCRL-5. – Radiation Bostany. – New York, 1981. – P. 51-52.
7. Bober M. Thermodynamics of Nuclear Materials // Issue of the International Atomic Energy Agency. – Vienna: IAEA, 1974. – P. 295.
8. Fair M.F. Radiation quantities and units in principles of radiation protection, ed. by Morgan K.Z. and Turner J.E. – New York: Wiley, 1977. – P. 125.
9. Schmitz F. Potential d'oxygene et structure de l'oxyde mixte (U, Pu)O<sub>2-x</sub> // Journal of Nuclear Materials – Cannes, 1975. – Vol. 58. – P. 357.

10. *Krey P.W.* et al. Plutonium in man in his environment // *Nature*. – London, 1976. – Vol.195. – P. 13
11. *Morrow P.E.* Deposition and retention models for internal dosimetry of the human respiratory tract // *Health physics*. – New York, 1966. – 140 p.
12. *LeRoy G.V., Rust J.H., Hasterlink R.J.* The consequences of ingestion by man of real and simulated fallout // *ACRH-102*. – Argonne: Argonne cancer research hospital, 1963. – 102 p.
13. Report of the Committee on Permissible Dose for Internal Radiation. ICRP publication // Pergamon. – Oxford, 1959. – P. 20–26.

Жараспаев М.Т., Касенов К.М., Ким Д.С.

**2000°C жоғары температураға дейінгі ядролық отынды лазерлік қыздыру қондырғысының көмегімен плутонийдің тірі ағзаға әсерін зерттеу.**

**Түйіндеме.** Мақалада тірі ағзаға аралас отынның  $(U_{0.8}Pu_{0.2})O_2$  өнімдерін бөлу спектрінде өте радиоулы және жоғары белсінді элемент болатын, плутонийдың әсерін анықтау үшін доңызға жасалған эксперименттердің нәтижелері сипатталған. Алынған нәтижелер, аралас отынмен  $(U_{0.8}Pu_{0.2})O_2$  жұмыс істейтін реактордағы апат кезінде плутонийден адам ағзасы мен ұлпаларына түсетін әртүрлі апаттық дозаны жүктемені эмпирикалық болжауға мүмкіндік береді.

Жараспаев М.Т., Касенов К.М., Ким Д.С.

**Исследование влияния плутония на живой организм с помощью установки лазерного нагрева ядерного топлива до температуры выше 2000°C.**

**Резюме.** В статье описаны результаты экспериментов над свиньями для определения воздействия плутония, являющегося наиболее радиотоксичным и высокоактивным элементом в спектре продуктов деления смешанного топлива  $(U_{0.8}Pu_{0.2})O_2$ , на живой организм. Полученные результаты позволяют эмпирически прогнозировать аварийную дозовую нагрузку на различные органы и ткани человека от плутония при аварии на реакторе, работающем на смешанном топливе  $(U_{0.8}Pu_{0.2})O_2$ .

Жараспаев М.Т., Касенов К.М., Ким Д.С.

**Investigation of the effect of plutonium on a living organism by means of a facility for laser heating of nuclear fuel to above 2000°C.**

**Summary.** The paper describes the results of experiments on pigs to determine the effects of plutonium as highly active and the most radiotoxic element in the spectrum of fission products of mixed fuel  $(U_{0.8}Pu_{0.2})O_2$ , on a living organism. The obtained results allow making an empirical forecast of accidental doses to organs and tissues of human by plutonium during the breakdown at reactor operating on a mixed fuel  $(U_{0.8}Pu_{0.2})O_2$ .

УДК 622. 243. 94 (088.8)

**А.А. Генбач, К.С. Олжабаева, М.С. Олжабаев**

(Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Республика Казахстан)

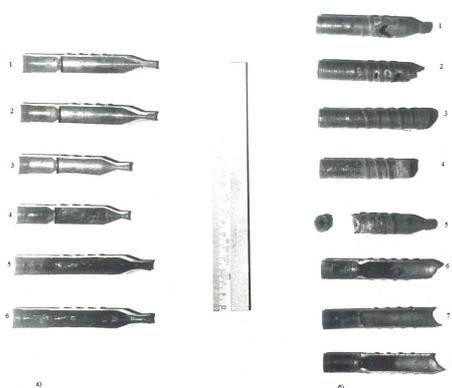
### **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КАМЕР СГОРАНИЯ И СОПЕЛ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Проведение процессов сгорания топлива в камерах энергосиловых установок в детонационном режиме потребовало создать высокоинтенсивную систему охлаждения камеры и сверхзвукового сопла [1-4]. Для этих целей исследовались водяная проточная и капиллярно-пористая системы. Важно выявить основные характеристики теплообмена и условия проведения высокоэффективных режимов детонационного горения топлива [5-7].

Конструктивный вид экспериментальной установки, камер сгорания и сопел, а также условия проведения опытов представлены на рис. 1-5. В подрисуночных надписях приняты следующие обозначения:  $\alpha$  – коэффициент избытка воздуха;  $q_{кр.сеч.}$  – критический удельный тепловой поток в сечении, где происходил пережог стенки материала;  $\bar{w}_ж$  – средняя скорость течения жидкости (воды) в системе охлаждения;  $v_r$  – гидравлический диаметр капиллярно-пористой структуры.



**Рис. 1.** Общий вид экспериментальной установки, выполненной в виде огнеструйной горелки ракетного типа, работающей на автоматизированной поточной линии (без операторов). Камера сгорания и сверхзвуковое сопло охлаждаются капиллярно-пористой системой.

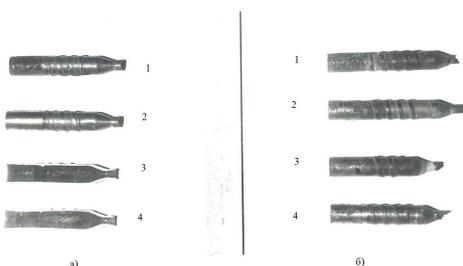


**Рис. 2.** Разрушенные камеры сгорания и сверхзвуковые сопла горелки:

а) сопла выполнены без утолщения стенки: 1,2,3,4 – до эксплуатации; 5,6 – после 40 часов эксплуатации (разрушены дефлекторные кольца и увеличены сечения сопел); 1,2,5,6 –  $\alpha = 0,8$ ; 3,4 –  $\alpha = 0,6$ ; 4 – камера сгорания с укороченным соплом (обеспечивала проведение детонационного режима горения).

Система охлаждения – водяная ( $q_{кр,сеч.} = 1 \cdot 10^6$  Вт/м<sup>2</sup>,  $\bar{w}_ж = 10$  м/с);

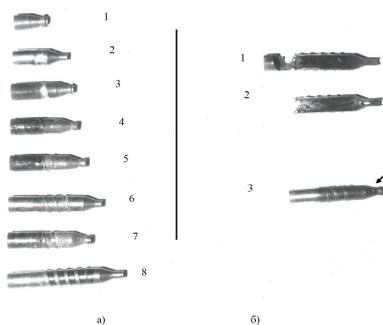
б) сопла выполнены с утолщением стенки: 1 – 8 –  $\alpha = 0,6 - 0,65$ ; разрушение произошло в результате прорыва газов в водяную систему охлаждения при разгерметизации уплотнения; 5 – камера сгорания с оплавленным завихрителем.



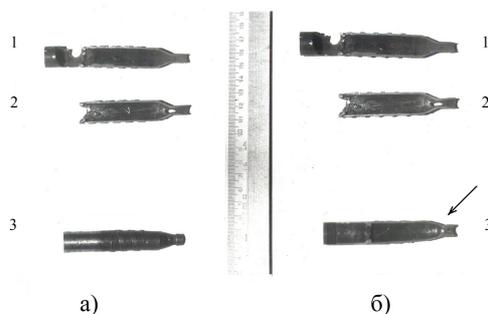
**Рис. 3.** Общий вид (а) стандартных (по длине) камер сгорания с утолщением стенки сопла на выходе (1,2) и их разрез: 3,4 – после 60 часов эксплуатации (выгоревшие дефлекторные кольца, увеличены критические сечения сопел на 32%; 1 – 4 –  $\alpha = 0,7$ );

б) разрушенные сверхзвуковые сопла, имеющие цилиндрическую внешнюю поверхность: 1,2 – разрушение произошло в начале первого запуска,  $\alpha = 0,75$ ; 3,4 – разрушение наступило после 40 часов эксплуатации,  $\alpha = 0,6$ .

а), б) – система охлаждения водяная ( $q_{кр,сеч.} = 1 \cdot 10^6$  Вт/м<sup>2</sup>,  $w_ж = 10$  м/с).



**Рис. 4.** Камеры сгорания а) имеющие различную длину и конструктивное оформление на срезе сопла: 1 – 4 –  $\alpha = 0,3$ ; 5, 6, 7 –  $\alpha = 0,65 - 0,7$ ; 8 –  $\alpha = 0,8$ ; 1 – 4 – пористое охлаждение ( $q_{кр.сеч.} = 5 \cdot 10^5$  Вт/м<sup>2</sup>,  $b_r = 0,4 \cdot 10^{-3}$  м); 5 – 8 – водяная система охлаждения ( $q_{кр.сеч.} = 1 \cdot 10^6$  Вт/м<sup>2</sup>,  $\bar{w}_ж = 10$  м/с); б) разрушенные камеры сгорания, сопла и «юбки» в результате проникновения пузырей по причине плохой пайки хвостовой части камеры (1, 2);  $\alpha = 0,65$ ; сопла выполнены с цилиндрической внешней поверхностью; 3 – укороченное сопло с утолщением стенки; разрушение начало происходить в начале эксплуатации на внешней поверхности перед критическим сечением;  $\alpha = 0,65$ ; водяное проточное охлаждение ( $q_{кр.сеч.} = 1 \cdot 10^6$  Вт/м<sup>2</sup>,  $\bar{w}_ж = 10$  м/с).

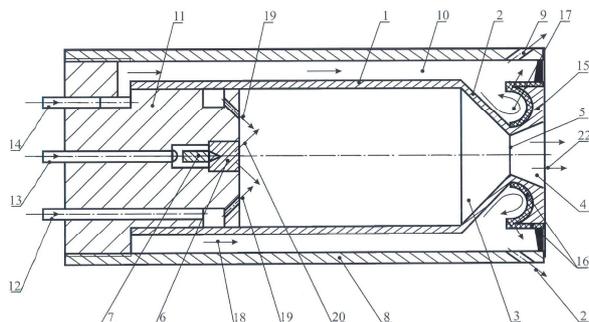


**Рис. 5.** Разрушенные камеры сгорания и сопла (продолжение рис. 4) в увеличенном виде.

Оценку характеристик камер сгорания и сопел произведем на горелке, имеющей высокоинтенсивную систему охлаждения (рис. 6).

Горелка выполнена в виде камеры сгорания 1, переходящей в сопло Лавалья 2, имеющего конфузор 3, диффузор 4, разделенные критическим сечением 5, завихритель 6 и распылитель 7 горючего, которые охвачены кожухом 8, причем два последних крепятся к распределительной головке 11, к которой примыкают патрубки 12, 13, 14 подвода окислителя, горючего и охладителя, соответственно. Укороченная диффузорная часть 4 сопла 2 снабжена приливом 15, имеющим с наружной поверхности капиллярно-пористое покрытие 16  $0,8 \cdot 0,14 \cdot 1$ , а с торца – предсопловую галтель 17 в виде тепловой канавки, радиусом скругления, превышающим не менее, чем в 2,5 – 5 раз ее глубину, и также имеющей капиллярно-пористое покрытие 16. Капиллярно-пористое покрытие 16 выполнено из многослойной сетки, размер ячеек которой последовательно возрастает, считая от поверхности прилива 15  $0,08 \cdot 0,14 \cdot 1$  (ячейки на просвет  $0,08 \cdot 10^{-3}$  м;  $0,14 \cdot 10^{-3}$  м;  $1 \cdot 10^{-3}$  м). Размеры ячеек сеток авторами определены экспериментально.

Охладителя 18 подается в патрубок 14, перемещается в рубашечном пространстве 10, образованном камерой сгорания 1, соплом 2, состоящим из конфузора 3, диффузора 4, разделенных критическим сечением 5, и кожухом 8, отбирает теплоту, охлаждения последние, и выбрасывается наружу через отверстия 9. Теплота в камере сгорания 1 выделяется за счет сжигания горючего 20, подаваемого в патрубок 13, которое попадает в распылитель 7, закручивается в завихрителе 6 и распыляется в камеру сгорания 1. Одновременно подается окислитель 19, через патрубок 12, расположенный как и патрубки 13 и 14, в распределительной головке 11, смешивается с горючим 20, поджигается источником воспламенения и сжигается.



**Рис. 6.** Охлаждение сверхзвукового сопла высокоинтенсивной капиллярно-пористой структурой.

Образующаяся в камере сгорания 1 газовая струя с температурой свыше (2000–2500)°С разгоняется до необходимых скоростей (16000–2000) м/с в сопле Лавая 2 и выбрасывается на объект обработки или реза в виде продуктов сгорания 22.

Горелка работает в режиме детонационного горения [1], причем, продукты сгорания 22 пульсируют благодаря укороченной диффузорной части 4 сопла Лавая 2. Камера сгорания 1 и сопло Лавая 2, особенно зона его критического сечения 5 и диффузор 4, работают в форсированном и высокотеплонагруженном состоянии, поэтому процесс интенсификации теплопередачи реализуется за счет прилива 15 и предсопловой галтели 17 в виде тепловой канавки, которые содержат на внешней поверхности капиллярно-пористое покрытие 16, выполненное из многослойной сетки, размер ячеек в которой последовательно возрастает, считая от прилива 15 0,08\*0,14\*1. Поскольку прилив 15 выполняется из массивного высокотеплопроводного тела (меди), то это значительно повышает теплоаккумулирующую способность сопла 2, интенсифицирует теплообмен и за счет управления распространением тепловых волн предотвращает разрушение сопла в нештатных режимах [8].

Предсопловая галтель 17 в виде тепловой канавки имеет радиус скругления, который превышает не менее, чем в 2,5 – 5 раз ее глубину, способствует снятию концентрации термических напряжений и компенсации термических удлинений в тепловой канавке (выемке). Наличие капиллярно-пористого покрытия 16 обеспечивает создание равномерной и устойчивой пульсирующей пленки охладителя 18 на галтели 15 с наружной и торцевой сторон при совместном действии инерционных (сил давления) и капиллярных сил. За счет выполнения капиллярно-пористого покрытия 16 анизотропным, т.е. имеющим последовательный рост ячеек, считая от галтели 15, создается высокий капиллярный напор, и активно удаляются возможные паровые пузыри.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 А.с. № 16 00 19 (СССР). Прибор для термической резки и обработки горных пород /А.В. Бричкин, А.Н. Генбач. – Оpubл. в Б.И., 1957. – № 2.
- 2 Генбач А.А., Генбач Н.А., Генбач Е.А., Генбач Ан.А. Влияние материала и толщины пористой структуры на тепломассоперенос в теплообменниках ТЭС // Энергетика, телекоммуникация и высшее образование в современных условиях / Труды 3 – ей Международной НТК. – Алматы, АИЭС. – 2002. – С.70 – 73.
- 3 Polyayev V, Genbach A, Genbach A. An experimental study of thermal stress in porous material by methods of holography and photoelasticity // Experimental thermal and fluid science, avenue of the Americas, New York, volum 5, number 6, November. – 1992. – p. 697 – 702.
- 4 Поляев В.М., Генбач А.А. Пористая охлаждение камер сгорания и сверхзвуковых сопел // Тяжелое машиностроение, №7. – 1991. – С. 8 –10.
- 5 Генбач А.А., Генбач Н.А. Охлаждение камеры сгорания и сопла при вынужденном сечении недогретого охладителя в пористых структурах // Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях / Труды 5-ой Международной НТК, Алматы, АИЭС. – 2006. – С.55 – 58.
- 6 V.Polyayev, A. Genbach. Heat Transter in a Porou System in the Presence of Both Capillary and Gravity Forces // Thermal Enginerig. 1993. Volum 40, number 7, Moskow. – p. 551 – 554.
- 7 Генбач А.А., Генбач Н.А. Паросодержание в пористой системе // Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях. / Труды 1-ой Международной НТК, Алматы, АИЭС. – 1998 – С.25 – 26.
- 8 Кутепов А.М., Стерман Л.С., Стюшин Н.Г. Гидродинамика и теплообмен при парообразовании. М.: Высшая школа, 1977. – 352с.

А.А. Генбач, К.С. Олжабаева, М.С. Олжабаев

**Энергетикалық қондырғылардың жану құтылары мен саптамаларының жұмыс тиімділіктерін жоғарылату.**

**Түйіндеме.** Эр түрлі жану құтылардың және дыбыстан жылдам саптамалардың құрылмалары және олардың салқындау жүйесі зерттелген. Құтылардың, саптамалардың және кеуекті құрылымдардың: құрылмалық, тәртіптік, сұйықгазқозғалымдық сипаттамалары алынған. Осы берілгендер жылуөтудің дамыған және аумалы тәртіптеріне жатады. Нақты жану құтысына және саптамаларға арналған сипаттамалар жылулық жүктемелермен, кем жанумен, ағынның жылдамдығымен, салқындатқыштың жылуфизикалық қасиеті және материалдық құрылымымен, қысымымен, бағдарлауымен, геометриясымен анықталады.

А.А. Генбач, К.С. Олжабаева, М.С. Олжабаев

**Повышение эффективности работы камер сгорания и сопел энергетических установок.**

**Резюме.** Исследованы различные конструкции камер сгорания и сверхзвуковых сопел и их систем охлаждения. Получены характеристики камер, сопел и пористых структур: конструктивные, режимные, гидрогазодинамические. Данные относятся к развитому и критическому режимам теплопередачи. Характеристики определяются тепловыми нагрузками, недогревом, скоростью потока, теплофизическими свойствами охладителя и материала устройства, давлением, ориентацией, геометрией для конкретной камеры сгорания и сопла.

А.А. Генбач, К.С. Олжабаева, М.С. Олжабаев

**Improving the efficiency of the combustion chambers and nozzles power plants.**

**Summary.** Various constructions of combustion chambers and supersonic jets with their cooling system are investigated. Structural, modal, gas and hydrodynamics characteristics of Chambers, nozzles and porous structures are derived. Datas refer to the developed and critical modes of heat transfer. Characteristics are determined by thermal loads, flow rate, heat and cooler material properties, pressure devices, geometry for the particular orientation of the combustion chamber and nozzle.

УДК 666.764

**А.Х. Акишев, С.М. Жунусов, А.К. Абишева**

(Казахская инженерная финансовая банковская академия, г. Алматы, Республика Казахстан)

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,

г. Алматы, Республика Казахстан)

## **ТЕМПЕРАТУРНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ И ТЕРМОСТОЙКОСТЬ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

**Аннотация.** Исследованы воздействия теплового удара на структурные элементы огнеупорного материала. Образовавшиеся температурные поля изменяются в процессе взаимодействия структурных составляющих из-за разности температурных слоев.

Показано, что стойкость огнеупоров повышается с увеличением размера зерен шихты и уменьшением рабочей площади поверхности огнеупора. Для повышения термостойкости огнеупоров необходимо проводить расчет формы и размера изделия, а также экспериментальные исследования минерально-зернового состава шихты.

**Ключевые слова:** огнеупорные материалы, шихта, химическая стойкость, тепловые агрегаты, форсунки, отходящие газы, поверхность футеровок.

Огнеупорные материалы, применяемые в металлургической, цементной и энергетической промышленности, должны обладать наряду с высокой химической стойкостью высокой термической стойкостью, т.е. противодействовать образованию трещин и выкрашиванию материала от резких перепадов температур. Последнее явление неизбежно, так как поверхность футеровок тепловых агрегатов периодически подвергается нагреву от форсунок сжигаемого топлива и продуктов переработки – расплава металла, шлака, отходящих газов, а также охлаждению при выпуске расплава и загрузке шихты. В результате этого огнеупорные материалы разрушаются, что приводит к остановке теплового агрегата, а иногда и прекращению производства продукции.

Имеется несколько теоретических аспектов явлений повышения термостойкости керамических изделий – это образование фрагментарной структуры /1/, образование микротрещин /2,3/, применение различных добавок, позволяющих формировать межзерновые прослойки, служащие релаксаторами напряжений в структуре изделий /4,5/.

Напряжения в структуре огнеупорных изделий возникают при проникновении шлака и расплава металла в материал, а также от перепадов температурного режима в печи.

Достоверная оценка температурных напряжений в изделии остается одной из актуальных и нерешенных проблем /6/.

Структурной особенностью огнеупорных материалов является связь разнородных по химическому и гранулометрическому составу взаимосвязанных контактирующих частиц, мелких и крупных пор, пронизывающих изделие.

При возникновении теплового воздействия структурные элементы формируют тонкие слои, направленные перпендикулярно движению потока тепла. Образовавшееся температурное поле имеет тенденцию к изменению, ввиду взаимодействия структурных составляющих из-за разности температурных слоев.

Реальное твердое тело с дискретной структурой и хаотичной ориентацией зерен материала можно представить в виде модели, состоящей из гипотетических шаров с плотной упаковкой. С помощью модели неравномерно нагретого дискретного твердого тела можно его разделить на слои, ориентированные перпендикулярно движению теплового потока.

Теоретически, с изменением температуры, структура поверхностного слоя и размеры также изменяются. Однако от полного разрушения защищают прямые связи минеральных фаз между зернами материала.

Напряженное состояние контактов значительно выше среднего напряжения в изделии – противодействующие слои испытывают растягивающие усилия, а структурные элементы вследствие реактивного противодействия связей-контактов – сжимающие усилия.

При рассмотрении тела, состоящее из бесконечно тонких пластин взаимодействующих слоев материала величина деформации, согласно /6/, будет представлять собой сумму их реактивных деформаций.

$$\varepsilon = \varepsilon_{\text{ген}} + \varepsilon_{\text{прот}} \quad (1)$$

$\varepsilon_{\text{ген}}$  – генерирующий слой (передающий тепло)

$\varepsilon_{\text{прот}}$  – противодействующий слой (воспринимающий тепло).

Эти величины относительной деформации уравнивают друг друга и выражаются формулой для бесконечно тонкой пластины.

$$\varepsilon_{\text{ген}} = \varepsilon_{\text{прот}} = \frac{1}{2} \alpha \Delta T \quad (2)$$

$\Delta T$  – разность температур на поверхности изделия и слоя, расположенного на расстоянии от этой поверхности.

Неравномерно нагретый огнеупорный материал воспринимает значительные термонапряженные нагрузки, которые характеризуются интенсивностью и длительностью теплового потока, а также скоростью изменения температуры поверхности изделия.

Исследование периклазо-хромитовых и периклазовых огнеупорных изделий проводим с определением температурно-напряженного состояния с использованием большого количества термопар в теле нагретого материала по следующей формуле:

$$\sigma_x = \frac{\alpha \cdot E_p}{1 + \frac{E_p}{E_{\text{сж}}}} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (3)$$

$$K_1 = m\tau \left[ 1 - \left( 1 - \frac{x}{s} \right)^2 \right] \quad (4)$$

$$K_2 = \left( \frac{b-1}{b} \right)^x \quad (5)$$

$K_1$  - коэффициент условия температурного нагружения;  
 $K_2$  - коэффициент, учитывающий форму и размеры изделий;  
 $m$  – скорость нагрева (охлаждения) изделия;  
 $s$  - глубина прогретой зоны;  
 $E_p, E_{сж}$  – модуль упругости при растяжении (сжатии);  
 $x$  – расстояние от поверхности до исследуемого слоя.

Проведенные исследования показали, что торцевая часть периклазо-хромитового блока  $(15 \cdot 75) \cdot 10^{-3}$  м воспринимает температурные нагрузки при максимальном значении  $\sigma_x = 10,6$  н/мм<sup>2</sup> при скорости  $m = 10$  град/мин. через 240 минут. Максимально опасные температурные напряжения формируются на расстоянии 0,17 м от рабочей поверхности огнеупора. При уменьшении площади рабочей поверхности вдвое (со стороной  $70 \times 10^{-3}$  м) скорость нагрева, при которой сохраняется целостность структуры, увеличивается до  $m = 18$  град/мин.

При нагреве боковой поверхности огнеупорного блока  $(450 \times 75) 10^{-3}$  м, где площадь значительно больше торцевой, допустимая скорость ее нагрева резко снизилась – до 3,2 град/мин. При этом температурные напряжения резко возросли (более 11 н/мм<sup>2</sup>), а на глубине от поверхности наблюдалось нарушение первоначальной сплошности структуры. Эти исследования доказывают причину появления сколов в структуре тела огнеупоров.

Исследование крупнозернистых периклазовых огнеупоров показало повышение термостойкости изделий до 15 теплосмен (1300 °С) в сравнении с мелкозернистой структурой. При увеличении размера зерен и содержании их в шихте до 40% в материале формируется фрагментарная структура.

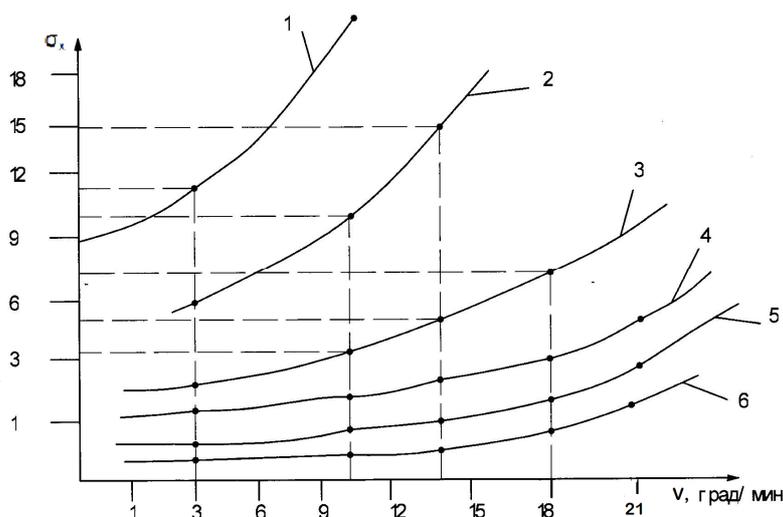
Испытание крупнозернистых огнеупоров на стойкость к термоудару коррозии и эрозионному поверхностному износу проводили в высокотемпературной плазменной установке. Опыты показали, что изделия обладают высоким сопротивлением против появления и распространения трещин под действием термического удара (быстрый нагрев до 2100 °С и быстрое охлаждение канала холодным потоком воздуха до 1000 °С).

После 20 циклов испытания трещин на плитках с размером ребра  $70 \cdot 10^{-3}$  м не обнаружено, предел прочности при сжатии снизился по сравнению с исходным с 16 до 14 н/мм<sup>2</sup>.

Скорость нагрева поверхности огнеупора составила более 50 град/мин. при этом формировались максимальные температурные напряжения на расстоянии 0,03 м от рабочей поверхности.

Максимальные растягивающие напряжения формировались на расстоянии 7-10 мм от поверхности в течение нескольких секунд, ввиду быстрого нагрева материала. При охлаждении возрастали структурные сжимающие напряжения. В таких жестких условиях происходит расшатывание структуры, что и приводит к снижению прочности изделий.

Расчетные и экспериментальные данные испытанных периклазохромитовых и периклазовых огнеупоров приведены на рис. 1.



- 1-Периклазохромитовый блок (ПХБ), размером  $(450 \times 75) 10^{-3}$  м, время нагрева 240 мин.  
 2- ПХБ,  $(450 \times 75) 10^{-3}$  м, 240 мин.  
 3- ПХБ,  $(70 \times 70) 10^{-3}$  м, 60 мин.  
 4- ПХБ,  $(70 \times 70) 10^{-3}$  м, 240 мин.  
 5- ПХБ,  $(70 \times 70) 10^{-3}$  м, 60 мин.  
 6- Периклазовый,  $(70 \times 70) 10^{-3}$  м, 60 мин. в плазмотроне

**Рис.1.** Зависимость величины температурных напряжений от скорости нагрева огнеупорных изделий

Таким образом, исследования подтверждают, что стойкость огнеупоров повышается с увеличением размера зерен шихты и уменьшением рабочей поверхности. Восприимчивость поверхностью тела высокого теплового потока улучшается при увеличении размера зерна, контактной межзерновой прочности и хорошей теплопроводности материала.

Для снижения температурных напряжений и повышения термостойкости огнеупоров необходимы: расчетная оптимальная форма и размеры изделий, а также экспериментально подобранный минерально-зерновой состав шихты.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Стрелов К.К. Теоретические основы технологии огнеупорных материалов. М.1996. -280 с.
2. Акишев А.Х., Бабин П.Н., Зубков С.М. Влияние зернового состава шихты на структуру и свойства периклазовых огнеупоров. Огнеупоры №2. 1979г. –С. 52-57.
3. Кащеев И.Д., Химическая технология огнеупоров. М.: Интермет Инжиниринг, 2007.-752с.
4. Акишев А.Х., Муналбаева Н. Химия и физика образования прочного материала. IV Международная конференция молодых ученых, студентов и учащихся, «Наука 2030» 6-7 декабря, Алматы, 2012.
5. Бабин П.Н., Акишев А.Х. и др. Спекание MgO с добавками ZrO<sub>2</sub> и Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> КИМС, №7, 1979. –С. 54-59.
6. Якушев В.К. Процессы разрушения футеровок тепловых агрегатов. –Алма-Ата: Наука, 1997.

#### REFERENCES

1. Strelov K.K. Teoreticheskie osnovy tehnologii ogneupornykh materialov. M.1996g. – 280s.
2. Akishev A.H., Babin P.N., Zubkov S.M. Vliyanie zernovogo sostava shihty na strukturu i svoistva periklazovykh ogneuporov. Ogneupory №2. 1979g. S. 52-57.
3. Kasheev I.D. Himicheskaya tehnologiya ogneuporov M.: Intermet Inginiiring, 2007g. -752.
4. Akishev A.H., Munalbaeva N. Khimiya b fizyka obrazovaniya prochnogo materyala. IV Mezhdunarodnaya konferencia molodykh uchenykh,studentov I uchashihsya. «Nauka 2030» 6-7 dekabrya, Almaty 2012.
5. Babin P.N., Akishev A.H. I dr. Spekanie MgO s dobavkami ZrO<sub>2</sub> i Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> KIMS, №7, 1979. –P. 54-59.
6. Yakushev V.K. Prozesy razrusheniya futerovok teplovykh agregatov. Prozesy razrusheniya futerovok teplovykh agregatov. –Alma-Ata: Nauka, 1997.

Акишев А.Х., Жунусов С.М., Абишева А.К.

**Отқа төзімді бұйымдардың термотұрақтылығы мен температуралық кернеуі.**

**Түйіндеме.** Мақалада периклаз-хромитті және периклазды отқа төзімді бұйымдардың зерттеу нәтижелері келтіріліп, жылытылған материал денесіндегі термопараның температуралы-кернеулік күйі анықталынды. Шихта дән өлшемдерінің өсуіне және жұмыс бетінің кішіреюіне қарай отқа төзімді бұйымдардың тұрақтылығы артады. Жоғары жылу ағынының беттік қабатты сезуі дән өлшемінің ұлғаюы кезінде және материалдың жылу өткізгіштігі мен дәнаралық жанасу жақсы болғанда жақсарады.

**Негізгі сөздер:** отқатөзімді материалдар, шихта, химиялық тұрақтылық, жылулық агрегаттар, форсункалар, шығатын газдар, футеровка беті.

Акишев А.Х., Жунусов С.М., Абишева А.К.

**Температурные напряжения и термостойкость огнеупорных изделий.**

**Резюме.** В статье приведены результаты исследования периклазо-хромитовых и периклазовых огнеупорных изделий с определением температурно-напряженного состояния с использованием большого количества термопар в теле нагретого материала. Стойкость огнеупоров повышается с увеличением размера зерен шихты и уменьшением рабочей поверхности. Восприимчивость поверхностью тела высокого теплового потока улучшается при увеличении размера зерна, контактной межзерновой прочности и хорошей теплопроводности материала.

**Ключевые слова:** огнеупорные материалы, шихта, химическая стойкость, тепловые агрегаты, форсунки, отходящие газы, поверхность футеровок.

Akishev A.H., Zhunusov S.M., Abisheva A.K.

**Thermal stresses and thermal stability of refractory products.**

**Summary.** The results of the study periclase and periclase-chromite refractories with the definition of temperature-stressed state with a large number of thermocouples in the body of the heated material. Resistance increases with refractory grain size of the charge and the reduction of the working surface. The susceptibility of the body surface high heat flow is improved by increasing the grain size, intergranular contact resistance and good thermal conductivity.

Keywords: refractory materials, charge, chemical resistance, thermal units, injectors, exhaust gases, the surface linings.

УДК 666.764

**А.Х. Акишев, А.К. Абишева, С.М. Жунусов**

(Казахская инженерная финансовая банковская академия, г. Алматы, Республика Казахстан)

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,

г. Алматы, Республика Казахстан)

**ХИМИЧЕСКИ СТОЙКИЕ ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АГРЕССИВНЫХ  
ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ**

**Аннотация.** Проведены исследования технологии получения газопроницаемой и плотной оксидной керамики для условий агрессивных сред и резких термических ударов, создаваемых в различных узлах плазменной установки, металлургических и химических агрегатах. В процессе испытания различных комбинаций керамических изделий показано, что для снятия напряжений, возникающих при нагреве изделий плазмой, необходимо применение релаксаторов напряжений.

**Ключевые слова:** газопроницаемая оксидная керамика, слоистые гранулы, стойкие огнеупоры, состав керамических изделий, реагенты, гранулы.

Развитие высокотемпературной техники, создание эффективных плазмохимических и плазмометаллургических установок и других агрегатов невозможно без применения стойких огнеупорных материалов. Для их производства могут быть использованы различные высокоогнеупорные керамические соединения.

Технология получения газопроницаемой и плотной оксидной керамики разрабатывалась для условий агрессивных сред и резких термических ударов, создаваемых в различных узлах плазменной установки металлургических и химических агрегатов.

В основе технологии лежит использование слоистых гранул, получаемых путем нанесения тонкодисперсного активного материала /1,2/ на зернистые компоненты шихты. Использование их позволяет получать равномерную газопроницаемость, повысить прочность и устойчивость изделий структуры от появления трещин и разрушения керамики. Установлено, что повышению стойкости изделий способствуют релаксаторы напряжения и сопряжение структуры и состава с их формой. В качестве электроизоляционных и химически стойких материалов использовалась керамика оксидов магния, шпинели и корунда. Исследованы структурные, прочностные свойства, состав керамических изделий и происходящие процессы при длительном испытании в потоке плазмы и реагентов.

Опыт использования керамических материалов в плазменных устройствах описывается в работах /3,4/. В них доказано, что на основе оксида магния можно получать изделия высшей огнеупорности с высокими показателями термической стойкости. Устойчивость их в опытных стендовых установках во многом зависит от текстуры изделий, определяющей теплопроводность и газопроницаемость футеровок.

В настоящей работе описаны результаты исследования пористой огнеупорной керамики, полученной из слоистых гранул по способу, указанному в работе /5/. Для активации процессов спекания материала использовались порошки, полученные методом термической активации при разложении солей магния /1,2/. Разработанные газопроницаемые изделия были исследованы после испытания в плазменной установке. Пористая огнеупорная керамика, изготовленная из слоистых гранул, приготовлена из чистых материалов на основе оксида магния, магнезиальной шпинели и корунда. Для сравнения были изготовлены массы из сплошных гранул, материал, полученный дроблением исходных продуктов.

Шихты готовили из 90-95%-ной зернистой составляющей фракции от 0,12 до 2 мм и 5-10%-ного тонкодисперсного материала того же состава, что и наружный слой гранул. В таблице 1 приведены составы шихт из слоистых и сплошных гранул.

Изделия прессовали и обжигали при 1700 °С, так как в плазменных установках изделия подвергаются значительной эрозии, внутренняя поверхность была упрочнена тонкими высокоплотными прослойками из того же состава, что и вся масса огнеупора.

Испытания предусматривали оценку поведения пористых огнеупоров при резком нагреве ( $T=40$  град/сек) и температуре потока внутри канала (выше 3000 °С) при вдуве водорода или воздуха через поверхность материала, контактирующую с потоком плазмы.

Размер испытываемых изделий изменялся в зависимости от мощности плазмотрона. Длительность проводимых испытаний составляла от 15 мин. до 52 час., расход водорода или воздуха – от 3 до 160 м<sup>3</sup>/час.

Испытания огнеупоров проводили в несколько этапов. На первом этапе пористые изделия устанавливали на выходе из плазмотрона на аноде, на следующих этапах использовали в качестве межэлектродных вставок.

Испытания показали, что при установке изделий на аноде стойкость пористых изделий определяется равномерностью газовой проницаемости, структурой и температурой плавления материала. Отмечено, что периклазовые материалы, обладающие высокой температурой плавления и низкой газопроницаемостью, в процессе испытания не оплавливались. Стойкость корундовой керамики, обладающая пониженной температурой плавления, определяется расходом газа и газопроницаемостью керамики. Степень разрушения ее тем выше, чем ниже газопроницаемость изделий.

Изделия из сплошных гранул крупнозернистой структуры, независимо от состава, после испытания теряют прочность и осыпаются. Стойкость их повышается при увеличении газопроницаемости до 80 НППМ и степени расхода вдуваемого газа.

Таблица 1. Составы шихт из слоистых и сплошных гранул.

№	Индекс изделий	Слоистые гранулы		Коэффициент газопроницаемости наноперм (НПМ)
		сердцевина гранулы	внешний слой гранулы	
1	2	3	4	5
1	А-14	корунд	активированный оксид алюминия	92
2	Г-14	корунд	активированный оксид алюминия	78
3	Ж-Г	корунд	активированный оксид алюминия	37
4	К-Г	корунд	активированный оксид алюминия	20
5	А-13	шпинель	активированная шпинель	40
6	В-13	шпинель	активированная шпинель	25
7	С-13	шпинель	активированная шпинель	12
8	Г-13	шпинель	активированная шпинель	10
9	Д-14	периклаз	оксид магния	35
10	Р-14	периклаз	оксид магния	27
11	У-2	периклаз	оксид магния	16
12	Ц-2	периклаз	оксид магния	4
13	А-13	корунд	сплошные гранулы	78
14	Г-13	корунд	сплошные гранулы	40
15	Ж-1	корунд	сплошные гранулы	35
16	К-1	корунд	сплошные гранулы	82
17	Н-13	периклаз	сплошные гранулы	82
18	У-1	периклаз	сплошные гранулы	16
19	Ц-1	периклаз	сплошные гранулы	7,0

В изделиях из сплошных гранул мелкозернистой структуры с низкой газопроницаемостью (7-30НПМ) после испытания наблюдается появление поперечных трещин и оплавление поверхности.

Эти испытания определили, что наиболее стойкими являются периклазовые пористые огнеупоры, изготовленные из слоистых гранул в определенном соотношении со сплошными зернами.

Испытание огнеупоров на следующих этапах отличались более жесткими условиями. Огнеупор устанавливали в межэлектродном промежутке. Расход воздуха составлял от 3 до 160 м<sup>3</sup>/час. Типы испытанных материалов показаны в таблице 2.

Таблица 2. Состав и свойства пористых огнеупоров

№	Индекс изделия	Вещество и тип изделий	Коэффициент газопроницаемости
1	У-118	периклаз, сплошные	20
2	С-137	шпинель, слоистые гранулы	15
3	В-136	шпинель, слоистые гранулы	25
4	Р-1410	периклаз, слоистые гранулы	30

Испытания изделий показали, что в процессе работы плазмотрона на них появляются радиальные трещины. Причиной их образования являются высокие и резкие термические нагрузки, связанные с быстрым разогревом внутренней поверхности изделий и недостаточным ее теплоотводом. Было установлено, что микротрещины, образующиеся в ходе испытаний на изделиях, влияли на режим работы плазмотрона, ускоряя износ керамических элементов. Связано это было с отклонением дугового шнура и касанием его с поверхностью материала.

Данные испытания, так же как и предыдущие, подтвердили, что наиболее перспективными являются изделия, изготовленные из смеси слоистых и сплошных гранул. Это позволяет равномерно распределить пористость, газопроницаемость, повысить термостойкость и увеличить ресурс службы материала.

Проведенные испытания показали возможность использования пористой огнеупорной керамики в качестве межэлектродных вставок плазмотрона. Это позволяет повысить удельную мощность приблизительно в 1,5-2 раза при уменьшенных габаритах, а также обезопасить процесс его использования.

Исследование микроструктуры испытанных изделий показало, что в периклазовой равномерно газопроницаемой керамике поверхность не оплавляется, но происходит медленное испарение оксида магния. На контакте слоистых гранул поры сфероидизируются, а в самом ядре появляются крупные поры с параллельной ориентацией в направлении движения плазменного потока. Восстановление оксида магния не происходит. В шпинельной пористой огнеупорной керамике при испытании размеры кристаллов увеличиваются с 10-60 мкм до 300 мкм, а поры уменьшаются с 15-90 мкм до 1-40 мкм и приобретают форму сфер.

При снижении расхода вдуваемого газа поверхность шпинельной керамики оплавляется, образуя тонкую корочку толщиной 10-23 мкм. Поры концентрируются в приграничном слое между ядром и слоем. Слоистые гранулы сближаются и каналные поры уменьшаются до 30 мкм. Восстановление шпинели не обнаружено.

В изделиях из сплошных гранул периклаза, структура которых характеризуется разобщенностью зерен, малым количеством контактов между собой, при испытании происходит выкрашивание зерен, и поверхность приобретает шероховатость. Плотность зерен уменьшается, и пористость увеличивается ввиду испарения оксида магния.

Испытано несколько изделий из шпинели в среде хлорорганических веществ. Испытания показали, что при недостаточном расходе газа и низкой газопроницаемости изделий хлорорганические вещества конденсируются в канале стенки плазмотрона, приводя к разрушению керамики.

В промышленной установке испытаны газопроницаемые огнеупоры из слоистых гранул периклазового и шпинельного состава, а также периклазовые перфорированные изделия (таблица 3).

Таблица 3. Состав и свойства испытываемых огнеупоров

№ шихты	Материал слоистых гранул	Коэффициент газопроницаемости	Открытая пористость, %	Предел прочности при сжатии, Н/мм <sup>2</sup>
Газопроницаемые				
6	шпинель	250	48	12
10	периклаз	320	50	3,5
Перфорированные				
27	периклаз	-	18	45

Из набора газопроницаемых и перфорированных изделий комплектовали межэлектродные вставки общей высотой 62-115 мм. Для снятия напряжений, возникающих при нагреве изделий плазмой, применяли конструктивные релаксаторы напряжений. Через межэлектродные вставки плазмотрона вдувался рабочий газ (водород, воздух, азот), который служил в качестве плазмообразующего газа. Продолжительность пусков плазмотрона более – 40 часов. Ток дуги плазмотрона составлял - 300А, напряжение – 480В.

Испытывались газопроницаемые, перфорированные и комбинированные межэлектродные вставки. Особый интерес представляла комбинированная керамика.

В процессе испытания комбинированной керамики выявлено, что в основном трещины появляются в перфорированных огнеупорах, для которых характерна более плотная структура с канальными порами (пористость 18%). На них образуется 3-4 поперечные сквозные трещины, изделия при этом сохраняют свою форму и не рассыпаются. В верхней части комбинированных изделий, состоящих из газопроницаемых огнеупоров, при испытании не отмечено признаков появления трещин. Од-

нако после разборки плазмотрона были выявлены небольшие трещины в изделиях, изготовленных из сплошных гранул. У изделий из шпинели наблюдалась также потеря прочности с 20 до 3-5 Н/мм<sup>2</sup>, хотя видимых трещин обнаружено не было. Последнее можно связать с процессом равномерного ослабления межзерновой связи, отрывом зерен друг от друга по всему объему материала.

Микроскопическое исследование испытанных огнеупоров показало, что в их структуре нет четкого разграничения на переходную, малоизмененную или рабочую зоны, связано это с достаточно интенсивным охлаждением поверхности канала.

Таким образом, на основе проведенных исследований, анализа структуры и свойств газопроницаемых изделий была скорректирована технология получения керамики.

Конструктивная периклазовая и шпинельная керамика, установленная на ресурсные испытания в воздушном плазмотроне показала возможность замены металлических водоохлаждаемых межэлектродных вставок на газопроницаемые и комбинированные виды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Акишев А.Х., Муналбаева Н.* Химия и физика образования плотного материала. IV Международная конференция молодых ученых, студентов «Наука-2030», Алматы 6-7 декабря, 2012.
2. *Акишев А.Х., Муналбаева Н.* Химия термического распада гидрата оксида магния IV Международная «Наука-2030», Алматы 6-7 декабря 2012.
3. *Материалы для МГД – генератора. Сб. трудов ИВТАИ СССР, М., Наука 1969 г.*
4. *Бабин П.И., Акишев А.Х.* Исследование периклазовых огнеупоров после испытания в высокотемпературных установках. Огнеупоры, №8, 1979г., с.43-47.
5. *Акишев А.Х., Бабин П.И.* Пористые периклазовые огнеупоры из гранул слоистой структуры – комплексное использование минерального сырья, 1981 г., №11, с. 72-76.

#### REFERENCES

1. *Akishev A.H., Munalbaeva A.H.* Khimia i fizika obrazovaniya plptnogo materiala. . IV Megdunarodnaia konferencia molodyh uchenyh, studentov. «Nauka-2030», Almati 6-7 dekabria 2012.
2. *Akishev A.H., Munalbaeva N.* Khimia termicheskogo raspada gidrata oksida magnia. IV Megdunarodnaia konferencia molodyh uchenyh, studentov. «Nauka-2030», Almati 6-7 dekabria 2012.
3. *Materialy dlia MGD – generatora. Sb.trudov IVTAI SSSR, M., Nauka 1969.*
4. *Babin P.I., Babin P.I., Akishev A.H.* Issledovanie periklazovyh ogneuporov posle ispitanya v visokotemperaturnih ustanovkakh. Ogneupory, №8, 1979 g., s.43-47.
5. *Akishev A.H., Babin P.I.* Poristie periklazovie ogneupory iz granul sloistoi struktury – kompleksnoe ispolzovanie minerlnogo siria, 1981g., №11, s. 72-76.

Акишев А.Х., Жунусов С.М., Абишева А.К.

**Агрессивті жоғары температуралы процестерге арналған химиялық тұрақты отқа төзімді материалдар.**

**Түйіндеме.** Жүргізілген зерттеулер: газ өткізетін бұйымдар қасиеттері мен құрылым анализі нәтижесінде керамика алу технологиясы тандалынды. Ауа плазмотронындағы сынау ресурстарына орнатылған конструктивті периклаз бен шпинель керамиканы су салқындатқыш металл газ өткізетін және комбинирленген электродаралық қаттамаларға ауыстыру мүмкіндігі көрсетілген.

**Негізгі сөздер:** газ өткізетін оксидті керамика, қабатты түйіршіктер, тұрақты отқа төзімді материалдар, керамикалық бұйым құрамы, реагенттер, түйіршіктер.

Акишев А.Х., Жунусов С.М., Абишева А.К.

**Химически стойкие огнеупорные материалы для агрессивных высокотемпературных процессов.**

**Резюме.** На основе проведенных исследований, анализа структуры и свойств газопроницаемых изделий была скорректирована технология получения керамики. Конструктивная периклазовая и шпинельная керамика, установленная на ресурсные испытания в воздушном плазмотроне, показала возможность замены металлических водоохлаждаемых межэлектродных вставок на газопроницаемые и комбинированные виды.

**Ключевые слова:** газопроницаемая оксидная керамика, слоистые гранулы, стойкие огнеупоры, состав керамических изделий, реагенты, гранулы.

Akishev A.H., Zhunusov S.M., Abisheva A.K.

**Chemical-resistant refractory materials for corrosive high temperature processes.**

**Summary.** Based on these studies, the analysis of the structure and properties of the products was adjusted gas permeable technology of ceramics. Constructive and magnesia spinel ceramics, mounted on life test in an air plasma torch showed the possibility of replacing the water-cooled metal inserts on the inter-electrode gas-permeable and combined views.

УДК 669.3/4.054.82

**А.М. Интыкбаев, С.М. Жунусов, Д.А. Интыкбаев, А.К. Абишева**  
(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева, КУПС,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

**ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОДОСОДЕРЖАЩИХ ШЛАКОВ  
ПРИ КОНВЕРТИРОВАНИИ ШТЕЙНОВ**

**Аннотация.** Плавки, проведенные в лабораторных условиях, показали, что при обеднении конвертерного шлака второго периода содовым шлаком электроплавки, лучшие результаты получены в опытах № 2–5 (содержание меди в обедненном шлаке 6,9–9,1 %). Соответственно, степень обеднения шлака по меди составляет 47,5–54,5 %. Это согласуется с современными представлениями о строении шлаковых расплавов и их физико-химических свойствах. В этом отношении важнейшим свойством шлаков, в достаточной мере определяющим потери с ними металлов, является вязкость, которая в значительной степени зависит от их состава и температуры.

Такое обеднение шлака по меди объясняется тем, что он содержит оксид натрия, который приводит к снижению вязкости расплава.

Кроме того, частично обеднение шлака произошло за счет добавки содового шлака электроплавки свинцово-цинковых материалов с низким содержанием меди в качестве разжижающего реагента.

**Ключевые слова:** плавка, обеднение, конвертерный шлак, содовый шлак, электроплавка.

В настоящее время основные производства свинца осуществляются по стандартной классической схеме – агломерация концентратов, плавка агломерата в шахтных печах с получением чернового свинца, штейна, шлака и свинецсодержащих пылей [1]. Далее полученные продукты направляются в соответствующие переделы с целью извлечения свинца, меди, цинка и других металлов.

Многочисленные предложения по обеднению шлаков цветной металлургии не находят широкого внедрения в практике, кроме нескольких способов.

Это связано с разночтениями в теории строения металлургических расплавов и, следовательно, в определении потерь металлов со шлаками. Наиболее широко используется переработка шлаков свинцовой и медной плавки в технологии фьюмингования и процессе их вельцевания с дальнейшей гидromеталлургической переработкой получающихся возгонов. Такие процессы реализованы на предприятиях ОАО «Казцинк», Алмалыкском цинковом заводе и ряде других заводов [2].

При конвертировании медно-свинцовых штейнов получают «черновую» медь и шлаки первого и второго периодов конвертирования с содержанием значительных количеств свинца, меди и благородных металлов.

Известно, что медь присутствует в шлаках как в растворимой форме (металлическая, делафосит) так и в виде нерастворимой сульфидной взвеси. Увеличение ее растворимости, а, следовательно, и потери свинца связаны с образованием магнетита или высокой окислительной способностью газовой фазы, характерной для процесса конвертирования штейнов [3].

При этом необходимо отметить, что эти шлаки направляют в шихту повторной плавки в качестве «оборотного» шлака, что приводит к дополнительным затратам.

Учитывая ценность получаемых техногенных полупродуктов, особенно шлаков второго периода конвертирования, из-за значительного содержания в них свинца, меди и благородных металлов, становится важной проблема их рациональной и эффективной переработки, повышения полноты использования вторичного сырья.

В связи с этим представляет определенный интерес способ обеднения шлаков конвертирования медно-свинцовых штейнов [4]. Цель данной работы – найти возможности снижения потерь

свинца, меди и благородных металлов со шлаком в процессе конвертирования медно-свинцовых штейнов. При этом известно, что указанные металлы переходят в белый матт, который далее в процессе конвертирования извлекаются в «черновую» медь. В качестве исходного материала для обеднения использовали шлак второго периода конвертирования медно-свинцового штейна свинцового завода АО «Казцинк», состава (%): свинец – 14,5; медь – 22,5; железо – 19,2; оксид кремния – 18,1; CaO – 3,8; сера – 3,2.

Содовый шлак электроплавки, состав (%) : свинец – 1,1; медь – 1,8; оксид натрия – 10,2; оксид кремния – 28,4; оксид кальция – 19,5; оксид железа – 18,2.

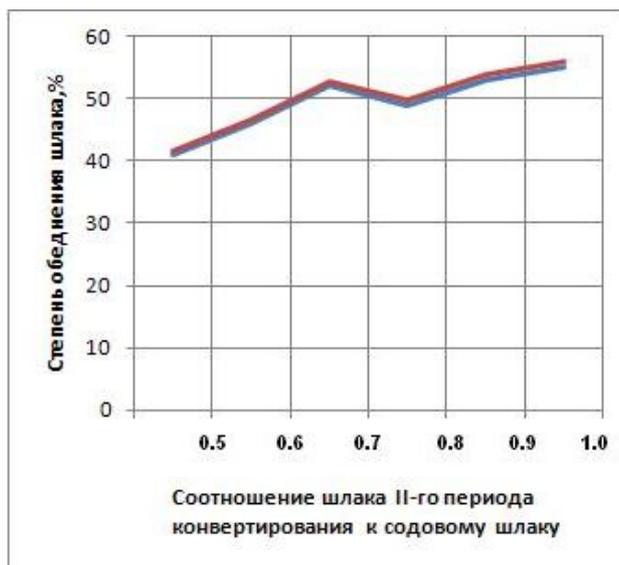
Основные плавки шлака второго периода конвертирования с содовым шлаком электроплавки проводили в алундовых тиглях в силитовой электропечи сопротивления. Поскольку температура конвертирования в период образования шлаков второго периода в конверторе составляет 1200÷1300 °С, лабораторные плавки проводили при средней температуре 1250 °С, которая в реакционной зоне определялась термопарой и регулировалась автоматическим потенциометром. Навески обедняемого шлака второго периода конвертирования во всех плавках составляла 100 г. После расплавления навески шлака на его поверхность загружали разжижающий реагент (содовый шлак электроплавки свинцово-цинковых материалов) в весовом соотношении к шлаку второго периода конвертирования 0,5 : 1; 0,6 : 1; 0,7 : 1; 0,8 : 1; 0,9 : 1; 1 : 1.

Время выдержки расплава с момента подачи разжижающего реагента во всех опытах составляло 15 мин., после чего тигель с продуктами плавки извлекали из печи, охлаждали на воздухе и отделяли обедненный шлак от белого матта. Отметим, что время выдержки расплава в тигле в течение 15 мин. взято из практики процесса конвертирования медно-свинцовых штейнов.

Таблица 1. Результаты лабораторных плавок

№ опыта	Загружено			Получено										Степень обеднения по меди, %	
	Шлак второго периода конвертирования	Содовый шлак элек-троплавки	Отношения содовой шлака к шлаку второго периода	Обедненный шлак							Белый матт				
				Вес, г	Состав, %						Вес,г	Состав, %			
					Pb	Cu	Na <sub>2</sub> O	CaO	SiO <sub>2</sub>	FeO		Pb	Cu		S
100	50	0,5:1	131,0	9,6	11,1	4,3	7,7	17,1	18,5	19,0	11,2	68,4	2,1	40,5	
100	60	0,6:1	137,8	7,4	9,1	4,8	8,4	18,6	17,8	21,2	11,0	74,4	1,2	47,5	
100	70	0,7:1	142,6	8,0	7,9	5,8	9,3	19,7	18,6	27,4	13,2	78,0	1,8	51,5	
100	80	0,8:1	151,5	7,9	8,0	6,2	10,5	21,4	19,4	28,5	11,0	82,2	1,2	49,8	
100	90	0,9:1	157,4	7,3	6,9	6,9	11,2	21,8	19,8	32,6	12,4	81,2	2,3	54,5	
100	100	1:1	168,2	7,1	6,4	7,1	11,7	22,3	21,0	34,8	9,8	82,4	1,1	55,4	

Результаты плавок, проведенных в лабораторных условиях (табл.1 и рис 1), свидетельствуют о том, что при обеднении конверторного шлака второго периода содовым шлаком электроплавки, лучшие результаты получены в опытах № 2-5 (содержание меди в обедненном шлаке 6,9-9,1 %). Соответственно, степень обеднения шлака по меди составляет 47,5-54,5 % (рис.1). Это согласуется с современными представлениями о строении шлаковых расплавов и их физико-химических свойствах. В этом отношении важнейшим свойством шлаков, в достаточной мере определяющим потери с ними металлов, является вязкость, которая в значительной степени зависит от их состава и температуры [5].



**Рис.1.** Зависимость степени обеднения шлака II-го периода конвертирования по меди от соотношения его к содовому шлаку (при  $t=1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ )

Такое обеднение шлака по меди объясняется тем, что он содержит оксид натрия, который приводит к снижению вязкости расплава [6].

Кроме того, частично обеднение шлака произошло за счет добавки содового шлака электроплавки свинцово-цинковых материалов с низким содержанием меди в качестве разжижающего реагента.

Обеднение конверторного шлака второго периода, шлаком электроплавки при их весовых соотношениях 1: 0,5 (опыт №1) и 1:1 (опыт №6) не дает особо значительных преимуществ. В первом случае сравнительная низкая степень обеднения шлака второго периода  $\sim 40\%$ , а во втором случае – большой расход содового шлака электроплавки и, в связи с этим, значительный выход обедненного шлака.

В процессе обеднения шлаков второго периода медь переходит в белый матт, а при дальнейшей обработке переходит в «черновую» медь, повышая тем самым её качество и сортность.

В производственных условиях обработка шлаков второго периода конвертирования не представляет трудностей. Обычно на шлак второго периода конвертирования медно-свинцового штейна, находящегося в конверторе, подают содовый шлак электроплавки свинцово-цинковых материалов при их весовом соотношении (0,6 – 0,9) : 1, полученную массу в конверторе продувают воздухом в течение 3-5 мин. с целью интенсивного перемешивания расплава и отстаивают в течение 10 – 15 мин. Затем обедненный шлак сливают из конвертора, а белый матт далее продувают до «черновой» меди.

**Выводы:**

1. Проведены лабораторные плавки по обеднению конверторных шлаков второго периода конвертирования путем использования в качестве разжижающего реагента содовых шлаков электроплавки свинцовых материалов.

2. Установлены оптимальные условия по обеднению шлаков второго периода конвертирования: температура расплава  $1250\text{ }^{\circ}\text{C}$ , весовые соотношения содового шлака электроплавки свинцовых материалов к шлаку второго периода конвертирования (0,6 – 0,9) : 1 и продолжительность выдержки 15 – 20 мин.

3. Переработка шлаков второго периода конвертирования штейнов дает возможность дополнительно извлекать медь и благородные металлы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Такежанов С.Т. и др.* Новые технологии – комплексному сырью. Изд-во «Комплекс», Алматы, 2002-416 с.
2. *Ушаков Н.Н., Ананин А.И.* Разработки ДГП «ВНИИцветмет» в области переработки различных отходов промышленности. «Отходы: пути минимизации и предотвращения». Алматы, 2002-131с.

3. *Айсаутов М.А. и др.* Использование кальций содержащих шлаков в качестве флюса в отражательных печах. Новости науки Казахстана «Комплексное использование минеральных ресурсов Казахстана», Алматы, 1997-112с.
4. *Интыкбаев А.М. и др.* «Способ переработки шлаков конвертирования медно-свинцовых штейнов». Авторское свидетельство №1310448, 1987г.
5. *Ванюков В.А. и др.* Шлаки и штейны цветной металлургии. М., Металлургиздат, 1969-232 с.
6. *Кунаев А.М. и др.* Электротермия в металлургии вторичного сырья. Изд-во «Наука», Алматы, 1980-189 с.

#### REFERENCES

1. *Takezhanov S.T. I dr.* Novye tehnologii po – kompleksnomu syryi. Izdatelstvo «Kompleks», Almaty, 2002-416 s.
2. *Ushakov A.I. Apanin A.I.,* Razrabotki DGP «Vniizvetmet» v oblasti pererabotki razlychnykh othodov promyshlennosti. «othody: puti minimizazii I predotvrasheniya, 2002-131s.
3. *Aisautov M.A. I dr.* Ispolzovanie kalzi sodержachih shlakov v kahestve flusa v otrazhatelnyh pehah. Novosty nauki Kazachstana «Komplekxnoe ispolzovanie mineralnyh resursov Kazachstana», Almati, 1997-112s.
4. *Интыкбаев А.М. и др.* «Способ переработки шлаков конвертирования медно-свинцовых штейнов». Авторское свидетельство №1310448, 1987г.
5. *Vanukov V.A. I dr.* Shlaki I shteyny zvetnoi metallurgii. M., Metallurgizdat, 1969-232 s.
6. *Кунаев А.М. I dr.* Elektrotermia v metallurgii vtorishnogo syria. Izd-vo «Naukaa», Almati, 1980-189 s.

Интыкбаев А.М., Жунусов С.М., Интыкбаев Д.А., Абишева А.К.

**Конвертерлік шлақтың электрбалқыманың содалы шлакпен төмендетуінен алынған нәтижелері Түйіндеме.** Мақалада лабораториялық жағдайларда өткізілген балқымалар, екінші мерзімде конвертерлік шлақтың электрбалқыманың содалы шлакпен төмендеуінде №2-5 тәжірибелерінде жақсы нәтижелер көрсеткені туралы мәлімделген (төмендетілген шлақтың құрамындағы мыстың құрамы 6,9-9,1%). Сәйкесінше, мыс бойынша шлақтың төмендеуі 47, 5-54, 5 % құрайды. Бұл шлақтың балқытпаларын құрылымы және олардың физикалық-химиялық қасиеттері туралы қазіргі ұсыныстармен сәйкес келеді.

**Негізгі сөздер:** балқыма, кедейленген, конвертер шлағы, сода шлағы, электрбалқыту

Интыкбаев А.М., Жунусов С.М., Интыкбаев Д.А., Абишева А.К.

#### **Возможность использования содосодержащих шлаков при конвертировании штейнов.**

**Резюме.** Плавки, проведенные в лабораторных условиях, показали, что при обеднении конвертерного шлака второго периода содовым шлаком электроплавки, лучшие результаты получены в опытах № 2-5 (содержание меди в обедненном шлаке 6,9-9,1 %). Соответственно, степень обеднения шлака по меди составляет 47,5-54,5 %. Это согласуется с современными представлениями о строении шлаковых расплавов и их физико-химических свойствах.

**Ключевые слова:** плавка, обеднение, конвертерный шлак, содовый шлак, электроплавка.

Intykbaev A.M., Zhunusov S.M., Abisheva A.K.

#### **Use possibility содосодержащих slags at converting.**

**Summary.** The swimming trunks spent in vitro, have shown that at pauperization slag of the second period soda slag of electrofusion, the best results are received in experiences № 2-5 (the copper maintenance in the impoverished slag of 6,9-9,1 %). Accordingly, degree of pauperization of slag on copper makes 47,5-54,5 %. It will be coordinated with modern representations about a structure slag and their physical and chemical properties.

УДК [622.245.142.6, 622.272.06:658.011.56]

**Ю.И. Ефремова**

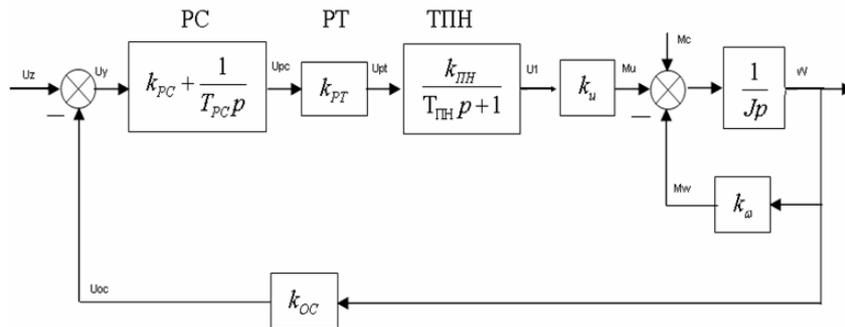
(Алматынский университет энергетики и связи, г. Алматы, Республика Казахстан)

#### **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ТИРИСТОРНЫЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ -АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ**

**Аннотация.** В работе рассмотрены математическая модель системы ТПН – АД с обратной связью по скорости и расчет оптимального управления системой на основе метода принципа Максимум.

**Ключевые слова:** тиристор, регулятор, напряжение, асинхронный двигатель, регулирование скорости, характеристика, переходный процесс, дифференциальные уравнения, система, метод Максимум.

Для регулирования напряжения на статоре асинхронного двигателя в настоящее время наибольшее распространение получили тиристорные регуляторы напряжения (ТРН), которые обладают большим быстродействием, высоким КПД, небольшой стоимостью, простотой обслуживания [1]. Однако, в связи с возрастанием цен на энергоносители, в частности на электроэнергию, и ограниченными возможностями увеличения мощности энергогенерирующих установок проблема энергосбережения, в том числе снижения электропотребления, приобретает особую актуальность [2]. Одной из возможностей снижения электропотребления системой тиристорный регулятор – асинхронный двигатель (ТРН – АД) является определение оптимального управления движением системы, обеспечивающего энергосберегающие переходные и установившиеся режимы работы этой системы. Структурная схема асинхронного электропривода с регулируемым напряжением на статоре двигателя [3], линеаризованная в пределах рабочего участка механической характеристики двигателя, представлена на рисунке 1.



**Рис. 1.** Структурная схема асинхронного электропривода с регулируемым напряжением на статоре  
 Математическое описание процессов работы системы, представленной на рисунке 1, при  $\Delta M_c = 0$  будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \frac{d\Delta\omega}{dt} &= \frac{1}{J} \Delta M_{\text{э}}, \\ \frac{d\Delta M_{\text{э}}}{dt} &= \frac{k_{\text{РТ}} k_{\text{ТПН}} k_u}{T_{\text{ТПН}}} \Delta U_{\text{PC}} - \frac{k_u}{T_{\text{ТПН}}} \Delta U_1 - \frac{k_{\omega}}{J} \Delta M_{\text{э}}, \\ \frac{d\Delta U_1}{dt} &= \frac{k}{T_{\text{ТПН}}} \Delta U_{\text{PC}} - \frac{1}{T_{\text{ТПН}}} \Delta U_1, \\ &(1) \\ \frac{d\Delta U_{\text{PC}}}{dt} &= \frac{k_{\text{PC}}}{T_{\text{PC}}} \Delta U_{\text{з.с}} - \frac{k_{\text{PC}} k_{\text{OC}}}{J} \Delta U - \frac{k_{\text{PC}} k_{\text{OC}}}{J} \Delta \omega, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $k = k_{\text{РТ}} k_{\text{ТПН}}$ :  $k_{\text{РТ}}$  - коэффициент усиления регулятора тока (РТ),  $k_{\text{ТПН}}$  - коэффициент передачи тиристорного преобразователя напряжения,

$k_{\text{PC}}$  - коэффициент усиления регулятора скорости (PC),  $T_{\text{PC}}$  - постоянная времени регулятора скорости,  $k_u$  - коэффициент передачи,  $k_{\omega}$  - коэффициент жесткости механической характеристики,  $k_{\text{OC}}$  - коэффициент усиления обратной связи по скорости,  $T_{\text{ТПН}}$  - постоянная времени цепи фазового управления ТПН, определяется максимальным временем запаздывания  $\tau \approx T_{\text{ТПН}} = 0,033$  с [3].

Для удобства решения задачи оптимального управления движением системы ТПН – АД с обратной связью по скорости математическое описание системы (1) представим следующими дифференциальными уравнениями:

$$\frac{dx_1}{dt} = a_1 x_2,$$

$$\begin{aligned}\frac{dx_2}{dt} &= a_2x_4 - a_3x_3 - a_4x_2, \\ \frac{dx_3}{dt} &= a_5x_4 - a_6x_3, \\ \frac{dx_4}{dt} &= a_7u - a_8x_2 - a_9x_1,\end{aligned}\tag{2}$$

здесь  $x_1 = \Delta\omega$ ;  $x_2 = \Delta M_{\omega}$ ;  $x_3 = \Delta U_1$ ;  $x_4 = \Delta U_{PC}$ ;  $u$  – управление;

$$\begin{aligned}a_1 &= \frac{1}{J}; a_2 = \frac{k_{PT}k_{ПН}k_u}{T_{ПН}}; a_3 = \frac{k_U}{T_{ПН}}; a_4 = \frac{k_{\omega}}{J}; a_5 = \frac{k}{T_{ПН}}; a_6 = \frac{1}{T_{ПН}}; \\ a_7 &= \frac{k_{PC}}{T_{PC}}; a_8 = \frac{k_{PC}k_{OC}}{J}; a_9 = \frac{k_{PC}k_{OC}}{J}\end{aligned}$$

Задача оптимального управления движением системы рассматривается на основе метода принципа максимума [4].

Интегральный критерий качества переходных процессов имеет вид:

$$Q = \frac{1}{2} \int_0^T (\sum_{i=1}^4 x_i^2 + cu^2) dt,\tag{3}$$

где  $c$  – весовой коэффициент управления.

Как было показано выше, система ТПН – АД с обратной связью по скорости описывается системой уравнений (1), в которую необходимо ввести начальные значения для переменных:

$$(x_1)_{t=0} = x_1^{(0)}, (x_2)_{t=0} = 0, (x_3)_{t=0} = 0, (x_4)_{t=0} = 0\tag{4}$$

Дифференциальное уравнение для функционала (3) будет иметь вид

$$\frac{dx_0}{dt} = \frac{1}{2}x_1^2 + \frac{1}{2}x_2^2 + \frac{1}{2}x_3^2 + \frac{1}{2}x_4^2 + \frac{c}{2}u^2.\tag{5}$$

Добавляя (5) к (2), получим исходную систему уравнений:

$$\begin{aligned}\frac{dx_0}{dt} &= \frac{1}{2}x_1^2 + \frac{1}{2}x_2^2 + \frac{1}{2}x_3^2 + \frac{1}{2}x_4^2 + \frac{c}{2}u^2, \\ \frac{dx_1}{dt} &= a_1x_2, \\ \frac{dx_2}{dt} &= a_2x_4 - a_3x_3 - a_4x_2, \\ \frac{dx_3}{dt} &= a_5x_4 - a_6x_3, \\ \frac{dx_4}{dt} &= a_7u - a_8x_2 - a_9x_1.\end{aligned}\tag{6}$$

Составляем функцию  $H$  :

$$\begin{aligned}
 H = & \psi_0 \frac{dx_0}{dt} + \psi_1 \frac{dx_1}{dt} + \psi_2 \frac{dx_2}{dt} + \psi_3 \frac{dx_3}{dt} + \psi_4 \frac{dx_4}{dt} = \\
 & \psi_0 \left( \frac{1}{2} x_1^2 + \frac{1}{2} x_2^2 + \frac{1}{2} x_3^2 + \frac{1}{2} x_4^2 + \frac{c}{2} u^2 \right) + \psi_1 (a_1 x_2) + \\
 & \psi_2 (a_2 x_4 - a_3 x_3 - a_4 x_2) + \psi_3 (a_5 x_4 - a_6 x_3) + \\
 & \psi_4 (a_7 u - a_8 x_2 - a_9 x_1).
 \end{aligned} \tag{7}$$

где  $\psi_i(t)$  – вспомогательные переменные ( $i = 1, 4$ ),  $\psi_0(t) = -1 = const$ .

Функции  $\psi_i(t)$  определяются из дифференциальных уравнений

$$\frac{d\psi_i}{dt} = -\frac{dH}{dx_i} \quad (i = 0, \dots, 4):$$

$$\begin{aligned}
 \frac{d\psi_0}{dt} &= 0, \\
 \frac{d\psi_1}{dt} &= x_1 + a_9 \psi_4, \\
 \frac{d\psi_2}{dt} &= x_2 - a_1 \psi_1 + a_4 \psi_2 + a_8 \psi_4, \\
 \frac{d\psi_3}{dt} &= x_3 - a_3 \psi_2 + a_6 \psi_3, \\
 \frac{d\psi_4}{dt} &= x_4 - a_2 \psi_2 + a_5 \psi_3.
 \end{aligned} \tag{8}$$

Конечные значения  $\psi_i$  запишем в виде:

$$\begin{aligned}
 \psi_0(T) &= -1, \\
 \psi_i(T) &= 0.
 \end{aligned} \tag{9}$$

Приравняв производную  $\partial H / \partial u$  к нулю, находим оптимальное значение

$$u = (a_7 / c) \psi_4. \tag{10}$$

Подставляя значение (10) и  $d\psi_i / dt$  уравнений (8) в уравнения (2), приходим к системе уравнений:

$$\begin{aligned}
 \frac{dx_1}{dt} &= a_1 x_2, \\
 \frac{dx_2}{dt} &= a_2 x_4 - a_3 x_3 - a_4 x_2, \\
 \frac{dx_3}{dt} &= a_5 x_4 - a_6 x_3, \\
 \frac{dx_4}{dt} &= \frac{a_7^2}{c} \psi_4 - a_8 x_2 - a_9 x_1, \\
 \frac{d\psi_1}{dt} &= x_1 + a_9 \psi_4, \\
 \frac{d\psi_2}{dt} &= x_2 - a_1 \psi_1 + a_4 \psi_2 + a_8 \psi_4, \\
 \frac{d\psi_3}{dt} &= x_3 + a_3 \psi_2 + a_6 \psi_3,
 \end{aligned} \tag{11}$$

$$\frac{d\psi_3}{dt} = x_4 - a_2\psi_2 - a_3\psi_3.$$

Граничные условия системы (11), согласно (4) и (9), имеют вид:

$$\begin{aligned} (x_1)_{t=0} = x_1^{(0)}, (x_2)_{t=0} = 0, (x_3)_{t=0} = 0, \\ \psi_1(T) = 0, \psi_2(T) = 0, \psi_3(T) = 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Система дифференциальных уравнений (11) с граничными условиями (12) решается с помощью Файл-функции

```
function boundproblem
meshinit = linspace(0, 0.1, 20);
yinit = [0.15 0.15 0.15 0.15 0 0 0 0]
initsol = bvpinit(meshinit, yinit);
options = bvpset('RelTol', 1.0e-05, 'AbsTol', 1.0e-07);
sol = bvp4c(@rside, @bound, initsol, options);
plot(sol.x, sol.y(8,:), 'k.')
grid
function f = rside(x, y)
a1=0.38; a2=145.4; a3=18.2; a4=1.92;
a5=242.4; a6=30.3; a7=66.6; a8=0.57; a9=20; c=100;
f = [a1*y(2); a2*y(4)-a3*y(3)-a4*y(2); a5*y(4)-a6*y(3);
((a7^2)/c)*y(8)-a8*y(2)-a9*y(1);
y(1)+a9*y(8); y(2)-a1*y(5)+a4*y(6)+a8*y(8);
y(3)+a3*y(6)+a6*y(7); y(4)-a2*y(6)-a5*y(7)];
function g = bound(ya, yb)
g = [ya(1)-1; ya(2); ya(3); ya(4); yb(5); yb(6); yb(7); yb(8)]
```

Рис. 4.

Следует отметить, что коэффициенты системы уравнений (11) рассчитаны на основании технических данных и параметров асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором типа АО, которые представлены в Файл-функции функцией  $f$ . Граничные условия (12) даются в функции  $g$ . График оптимального управления движением системы ТПН – АД с обратной связью по скорости показан на рисунке 5.

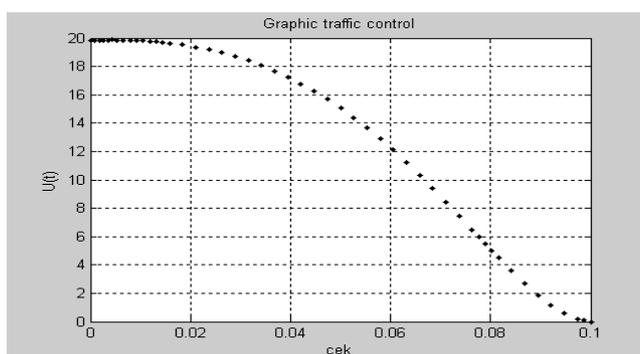


Рис. 5.

Характеристики переходных процессов скорости и момента системы ТПН – АД с обратной связью по скорости на скачок задающего сигнала показаны на рисунке 6, на оптимальное управляющее воздействие приведены на рисунок 7.

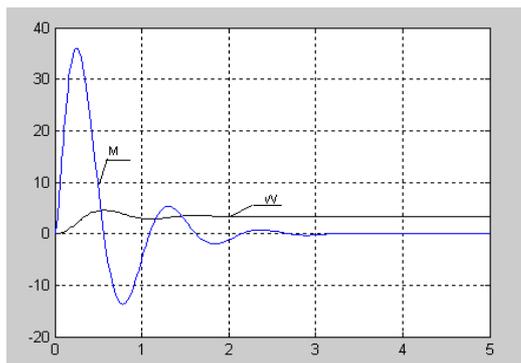


Рис. 6.

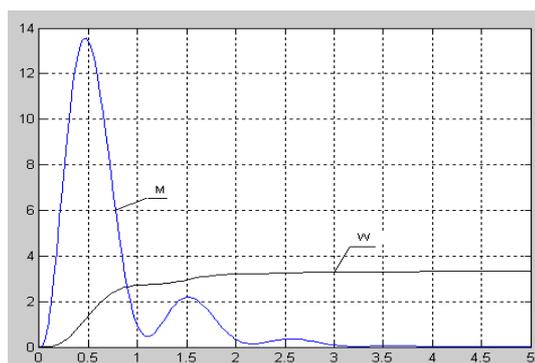


Рис. 7.

**Вывод**

Математическая модель системы ТПН – АД с обратной связью по скорости обеспечивает возможность получения в MATLAB графиков переходных процессов электромагнитного момента.

Оптимальное управление системой ТПН – АД с обратной связью по скорости обеспечивает лучшие качественные характеристики переходных процессов скорости и электромагнитного момента этой системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Розанов Ю.К., Соколова Е.М. Электронные устройства электромеханических систем. – М.: АКАДЕМА, 2004.
2. Браславский И.Я. Асинхронный полупроводниковый электропривод с параметрическим управлением. – М.: Энергоиздат, 1988.
3. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводов. – М.: Издательский центр «Академия», 2008.
4. Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. MATLAB 7. – М.: ИТ Пресс, 2006.
5. Фельдбаум А.А., Бутковский А.Г. Методы теории автоматического управления. – М.: Наука, 1971.
6. Ануфриев И.Е., Смирнов А.В., Смирнова Е.Н. MATLAB 7. – СПб.: БХВ – Петербург, 2005.

REFERENCES:

1. Rozanov J.K, Sokolova E.M Electronic fabrica electromechanical ratio. - M: AKADEMA,2004.
2. Braslavsky I.J. Solidum-statu imperii mapping asynchronous coegi. - Energoizdat, 1988.
3. Terekhov V.M, Osipov O.I. Imperium ratio actuators. - M: Publishing Center Academici ,2008.
4. E.R. Alekseev, Chesnokova, O.V MATLAB VII. - M: NT Press, 2006.
5. Fel'dbaum AA, A.G Butkovskiy. Modos imperium Theoria. - M: Nauka, 1971.
6. Anoufrieв IE, Smirnov A.V, Smirnova, E.N; MATLAB VII. – Spb,BXV-Petersburg, 2005.

Ефремова Ю.И.

**ТПН-АД оптималды басқару жүйесінің программасы мен алгоритмі ойлап табылды.**

**Түйіндеме.** Автор айналу жылдамдығының өзгеруі кезінде туындайтын өтпелі процесстердің көрсеткіштерінің сапасын және айналу жылдамдығының реттеу параметрлерін арттыруын айқын көрсетті.

**Негізгі сөздер.** Оптималды басқару жүйесінің, параметрлер, процесс, алгоритм,жүйе.

Ефремова Ю.И.

**Оптимальное управление системой тиристорный регулятор напряжения -асинхронный двигатель.**

**Резюме.** В статье рассмотрены математическая модель системы ТПН – АД с обратной связью по скорости и расчет оптимального управления системой на основе метода принципа Максимума.

**Ключевые слова:** тиристор, регулятор, напряжение, асинхронный двигатель, регулирование скорости, характеристика, переходный процесс, дифференциальные уравнения, система, метод Максимума.

Efremova Y.I.

**Optimal control system voltage thyristor-induction motor.**

**Summary:** In this paper the mathematical model of the TPN - AD-feedback speed and calculation of optimal control system on the basis of the maximum principle

**Keywords:** Optimal control, system, voltage, thyristor, induction motor, maximum principle

УДК 378.16

**A.K. Shaikhanova, G.D. Zhangisina**

(Kazakh National Technical University named after K.I.Satpayev, Almaty)

**DATA PROTECTION FROM NETWORK ATTACKS**

**Аннотация.** В статье рассмотрены этапы несанкционированного доступа к информационной вычислительной сети. Предложена модель действий нарушителя предоставляющая возможность более точно определить перечень угроз, которые следует принять во внимание при разработке системы защиты информации и политики безопасности информационной вычислительной сети.

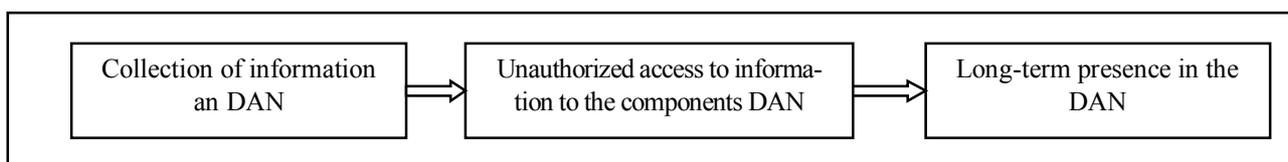
**Introduction**

In today's world are becoming increasingly important information distributed computing networks (DAN). It should be noted that the creation of one of their main tasks is to protect the information from unauthorized access. Unauthorized access, performed by the offender remote access will be called network attack. In order not to have been locked in a timely manner of its action, the offender tends to have information on the actual use network infrastructure, subject to the applicable network technology, network and transport protocols, network services and business applications. If successful, an attacker may be arranged hidden data channel, through which he has a chance to access hosts on the DAN [1].

**Stages of unauthorized access**

The probability of such a development is caused by three main assumptions [2]:

- availability of transport between hosts DAN;
- the presence of vulnerabilities in the DAN (design errors and / or marketing);
- the presence of a compromise price / performance in the application of information security.



**Figure 1.** Model of violator

The offender acts in stages (Fig. 1).

*Stage I.* At the initial stage of a criminal is collected general information about DAN and collect information on potentially sensitive resources. Information of interest to the attacker offered conditionally divided into technical and personal. The first group includes the following data:

- Information about the network and its topology;
- Information about the hosts DAN, including hardware, operating systems, types used, applications, network services provided, etc.;
- information about security (firewalls, filters, intrusion detection systems).

In addition, the accumulated information of a personal nature on administrators and users of the DAN, allowing to establish the degree of correspondence between the users of the DAN and specific individuals.

*Stage II.* Once the information is collected about the detention center, over an active attempts breach of security detention center at both the host and the entire system. The purpose of this phase is to implement the threat of violation of confidentiality, integrity and availability of information in the detention center.

*Stage III.* At this stage, the offender made in the implementation of the DAN funds hidden management, monitoring and correction of internal audit data (programs such as "Trojan horse"). Modification of

audit logs helps tamper go unnoticed for the security administrator and systems analysis. Funds hidden controls allow unauthorized access in the future to produce without getting information about the fact of access to audit logs. In addition, these funds is access to resources DAN, which makes the detection of an intruder, and the fact of unauthorized access. After the successful implementation of phase III can be assumed that the offender failed to compromise this host DAN.

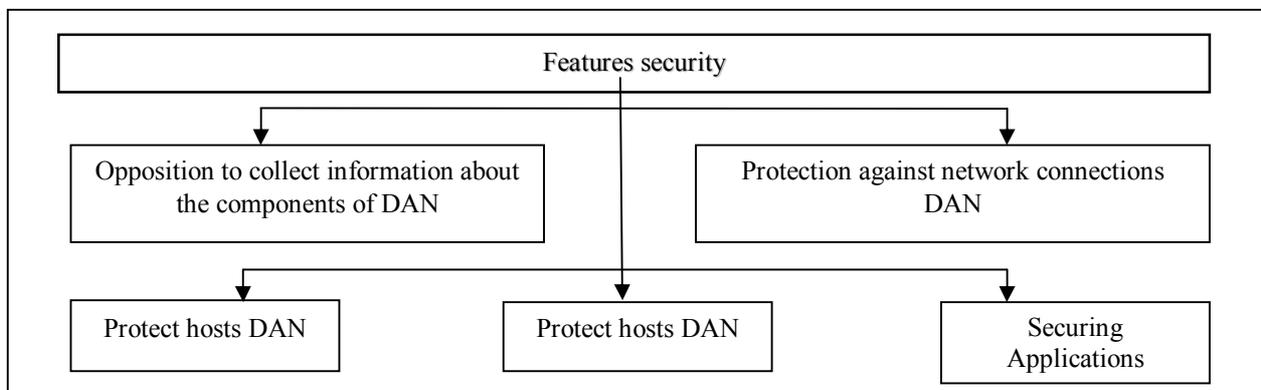
The problem of estimation of security detention center on network information attacks (for example, when you connect to the Internet DAN) is that even the protected computer system acquires a certain vulnerability when it is connected to the public network. This is due to the peculiarities accepted for exchange in the public network communication protocols, communications equipment, rules, information exchange, etc. [3].

Certain protocols and data transfer technologies used in public networks have design flaws and implementation, which lead to a decrease in security detention center. Therefore, to make reasonable efforts to achieve the required level of security is necessary to introduce new security features that will be given in the form of requirements. The proposed specifications are of good quality and are expressed requirements to ensure the resistance of certain actions offender.

**Features security**

We divide conditionally all indicators into five groups (Fig. 2) [4].

The first group includes performance counter collection of information about the components of the DAN.



**Figure 2.** Proposed features protection from network attacks

From opposition to the establishment of IST (information security tools) is required:

- the type of operating systems;
- hardware platform component DAN;
- the availability of network services;
- versions of software tools;
- Active hosts.

IST should also prevent the possibility of studying the topology of the network and obtain information about users of the DAN.

The second group comprises security characteristics of network connections DAN.

IST prevents:

- the possibility of "listening" segment;
- uncontrolled transfer of network packets between interfaces, one host;
- Organization of unauthorized access to communication channels DAN;
- the possibility of unauthorized network devices are connected.

The third group of indicators relates to the safety of hosts DAN. It will include features such protection as fighting capabilities:

- uncontrolled access to system files and change them;
- interception and modification of audit records;
- exhaustion of system resources processes;
- reducing the secrecy when dealing with objects;
- the appearance of the operating system components that are not needed for functionality within the tasks performed;

- the occurrence of inappropriate access privileges to critical system files.

The fourth group describes the characteristics of network security detention center. The protection system must withstand:

- attacks such as "denial of service" at the network level;
- «spoofing», ie attacks on the authentication mechanisms that are based on sender address verification;

- transmission of passwords in clear text;
- transmission of data with limited access to unencrypted;
- the use of network protocols with weak authentication;
- violation of the integrity of transmitted data;
- use of alternative security mechanisms that lower the level of protection;
- the availability of protocols that are not needed for the work of the tasks performed.

And finally, the fifth group describes the characteristics of application security. The system should not miss:

- inadequate access permissions for files;
- application components that are not needed for the work of the tasks performed;
- Anonymous access to the application's resources.

IST should also prevent the possibility of modifying records application logs.

### **Conclusion**

The proposed model provides the violator's ability to accurately identify a list of threats that must be taken into account in the development of IST and security policy DAN.

The above characteristics make it possible to evaluate the distributed security detention center, which consist of geographically dispersed components of various network information attacks.

### LIST OF REFERENCES:

1. *Shangin V.G.* Protection of information in computer systems and networks. - DMK-Press, 2012, 592 p.
2. *Domarev V.V.* Safety of information technology. The systems approach. / V. Domarev - K.: TID Dia Software Ltd., 2004. -992 With.
3. *Zegzhda D.P.* Fundamentals of Information Systems Security / DP Zegzhda, A.M.Ivashko - Moscow Hotline - Telecom, 2000. 452 pp.
4. *Smoked A.P. , Zefirov S.L. , Golovanov V.B.* Information security audit. - BDC-press, 2006. - 304.
5. *Stoling William.* Cryptography and network security: Principles and Practice, 2nd ed.: Trans. from English. - M.: Publishing house "Williams", 2001. - 672s.
6. *Torokina A.A.* Engineering and technical protection of information. Publisher "Helios ART", 2005. - 960.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Шаньгин В.Г.* Защита информации в компьютерных системах и сетях. – ДМК-Пресс, 2012, 592 с.
2. *Домарев В.В.* Безопасность информационных технологий. Системный подход./ В.В. Домарев – К.: ООО ТИД Диа Софт, 2004. –992 с.
3. *Зегжда Д.П.* Основы безопасности информационных систем/ Д.П. Зегжда, А.М.Ивашко – М.: Горячая линия – Телеком, 2000. –452 с.
4. *Курило А.П., Зефирова С.Л., Голованов В.Б.* Аудит информационной безопасности. - БДЦ-пресс, 2006.- 304 с.
5. *Столинг Вильям.* Криптография и защита сетей: принципы и практика, 2-е изд.: Пер. с англ. –М.: Издательский дом «Вильямс», 2001. – 672с.
6. *Торокина А.А.* Инженерно-техническая защита информации. Издательство «Гелиос АРВ», 2005.- 960 с.

### **Шайханова А.К., Жангисина Г.Д.**

#### **Желілік қауіп-қатерлерден қорғаныс сипаттамалары.**

**Түйіндеме.** Мақалада ақпараттық есептеу желісіне рұқсат етілмеген кірулердің кезеңдері қарастырылған. Ұсынылған мүмкін болатын бұзушының әрекет үлгілері, ақпаратты қорғау жүйесін және ақпараттық есептеу желісіні қауіпсіздік саясатын әзірлеуде назар аудару керек қауіп тізімдерін дәлірек анықтауға көмектеседі.

**Кілттік сөздер:** АЕЖ(ақпараттық есептеу желілер), ақпаратты қорғау, желілік қауіп-қатерлер, бұзушылар, қорғаныс сипаттамалары, рұқсат етілмеген кіріс.

Шайханова А.К., Жангисина Г.Д.

**Характеристики защищенности от сетевых атак**

**Резюме.** В данной статье рассмотрены этапы несанкционированного доступа к информационной вычислительной сети. Предложена модель действий нарушителя предоставляющая возможность более точно определить перечень угроз, которые следует принять во внимание при разработке системы защиты информации и политики безопасности информационной вычислительной сети.

**Ключевые слова:** ИВС (информационные вычислительные сети), защита информации, сетевые атаки, нарушитель, характеристики защищенности, несанкционированный доступ

УДК 621.668 (088.8)

**В.Г. Кушнир**

(Костанайский государственный университет имени А.Байтурсынова  
г. Костанай, Республика Казахстан)

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВОДОПОДЪЕМНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ПАСТБИЩ**

**Аннотация.** Известные многочисленные исследования показывают, что при нормальном кормлении доброкачественное и своевременное поение сельскохозяйственных животных положительно влияет на их здоровье, способствует повышению продуктивности и рациональному использованию природных кормовых угодий, что ведет к общему повышению рентабельности животноводства. Гарантированное водоснабжение пастбищ немыслимо без использования средств механизации. Однако особенности пастбищного водоснабжения затрудняют механизацию процесса подъема воды и требуют дифференцированного подхода к выбору и использованию существующих средств механизации.

**Ключевые слова:** водоподъемный агрегат, водоснабжение, животноводство, пастбища, механизация водоподъема.

Установлено, что хорошо налаженный водопой при нормальной кормообеспеченности способствует повышению удоя у коров на 25-30%, приросту живой массы нагульных животных до 7-10%, настригу шерсти до 8-10%, а также снижению себестоимости продукции на 20-30% [1].

Специфические особенности пастбищного водоснабжения проявляются в следующем [2]:

- территориальная разбросанность водоисточников и водопотребителей на значительных расстояниях при грунтовых дорогах;
- водоснабжение животных на пастбищах осуществляется в определенных специально оборудованных местах (водопойный пункт);
- использование пастбищ и водопойного пункта носит сезонный характер;
- удаленность от централизованных источников энергоснабжения;
- применение автономных маломощных энергетических установок;
- прямое воздействие климатических факторов на сооружение и машины, а также на объем и график водопотребления;
- небольшой дебит каптируемых подземных вод шахтными и мелкотрубными колодцами;
- низкая техническая квалификация обслуживающего персонала;
- отдаленность ремонтно-технической базы и другие.

Подъем воды механизированными средствами на пастбищах в нашей стране получило широкое распространение, начиная с 70-х годов прошлого столетия. И в настоящее время для обводнения пастбищ применяется большое количество водоподъемных средств, которые различаются по принципу действия, конструктивному исполнению, виду рабочих органов, технико-экономическими и другим показателям [3].

Применяющееся на пастбищах многообразие различных конструкций средств механизации подъема воды объясняется различными типами водозаборных сооружений, глубиной колодцев, дебитом водоисточника, а также поисками эффективных конструкций водоподъемников, которые наиболее полно отвечали бы всевозрастающим зоотехническим и технико-экономическим требованиям [4].

На практике применяются водоподъемники следующих типов: гидродарные, инерционные, шнуровые, диафрагменные, ленточные, поршневые, эрлифтные, пневмокамерные, водоструйные, центробежные, винтовые и простейшие.

Различие технических характеристик, обуславливается принципами действия конструкции.

Проведен сравнительный анализ технических характеристик существующих устройств, для подъема воды. Нами были рассчитаны показатели: затраты удельной мощности на 1м высоты подъема и на 1м создаваемого напора (таблица 1).

Из анализа технических показателей видно, что высокий КПД у ленточных и поршневых водоподъемных устройств, но поршневые насосы потребляют больше энергии на подъем воды и создание напора, чем ленточные.

Таблица 1. **Технические характеристики устройств, для подъема воды**

№ п/п	Тип водоподъемно-силового агрегата	Удельная мощность, $10^{-2}$ кВт/м				Сред. значение КПД
		на 1м высоты подъема	средняя	на 1м создаваемого напора	средняя	
1.	Ленточные водоподъемники	0,07...0,5	0,3	0,75...2,8	1,78	0,4
2.	Водоструйные насосы	1,1...1,9	1,5	10,9...24,3	17,6	0,21
3.	Центробежные насосы: -скважинные -консольные общего назначения	4,3...10,2	7,25	1,17...14,8	7,99	0,22
		2,2...54,5	28,4	8,3...92,1	50,2	0,3
4.	Винтовые насосы	0,2...0,9	0,55	2,6...2,9	2,8	0,27
5.	Диафрагменные насосы	6,7	--	1,74	--	0,2
6.	Вибрационные водоподъемники	0,3...1,33	0,82	1,5...19,6	10,6	0,22
7.	Пневмокамерные водоподъемники	0,97...1,6	1,3	5,8...11,2	8,5	0,14
8.	Поршневые насосы	0,78	--	6,1	--	0,4

Анализируя показатели, приведенные в таблице 1, видим, что в лучшем положении среди водоподъемных агрегатов находятся ленточные водоподъемники (они взяты за основу в данной работе). В свою очередь анализ существующих конструкций ленточных водоподъемников показывает, что многие из применяемых в настоящее время агрегатов: сложны по конструкции; допускают проскальзывание ленты; имеют неполное отделение воды с ленты. В связи с этим научно-техническая задача по повышению эффективности и качества работы таких устройств остается актуальной и требует определенного решения.

Анализ ленточных водоподъемников позволяет сделать следующие выводы:

- дальнейшее совершенствование принципиальных схем с целью повышения подачи водоподъемника является целесообразным;
- рабочий процесс и конструкция ленточных водоподъемников требует дальнейшего изучения и совершенствования;
- совершенствование рабочего процесса ленточных водоподъемников возможно за счет эффективного использования внутренней поверхности ленты и улучшения условий трения между лентой и образующей ведущего шкива.

Большое разнообразие конструкций ленточных водоподъемников говорит об актуальности проблемы подъема воды и о поисках оптимальных параметров водоподъемников и режимов их работы в определенных условиях. Без тщательного анализа и классификации трудно ориентироваться в таком обилии конструкций.

Существует множество примеров различных классификаций, но каждая из них применяется конкретно для каких либо объектов. Все они отличаются друг от друга своим назначением, конструкцией, действием и т.д. Поэтому считаем, что для ленточных водоподъемников необходима своя классификация.

По предлагаемой нами классификации ленточных водоподъемников можно проследить основные тенденции в развитии конструкторской мысли по, определить ее перспективное направление и поставить задачи совершенствования и исследования наиболее рациональных типов ленточных водоподъемников, отличающихся простотой конструкции, малой энергоемкостью, снижением буксования ленты и повышением надежности.

Существующие ленточные водоподъемники можно классифицировать по следующим признакам: по типу ленты, по количеству лент, по количеству барабанов, по расположению в пространстве, по месту отделения воды, по типу ролика, по типу приводного барабана, по роду привода, по расположению ролика.

По типу ленты водоподъемники бывают гладкими, с поверхностью Мебиуса, с выемками, с лопатками, с карманами, пористыми и перфорированными. В основном, используются водоподъемники с гладкими и пористыми лентами, т.к. они просты в изготовлении и эксплуатации.

По количеству барабанов водоподъемники разделяются на двух-, трех- и четырехбарабанные. Основная масса конструкций – двухбарабанные, которые отличаются малой общей металлоемкостью и меньшим износом ленты, чем с большим количеством барабанов.

По количеству лент применяются водоподъемники с одной и двумя лентами. Двухленточные водоподъемники сложны по конструкции и требуют согласованности кинематических режимов работы.

По расположению в пространстве водоподъемники бывают вертикальные, горизонтальные и наклонные. Горизонтальные и наклонные используются в специфических условиях. В основном, подъем воды осуществляется из колодцев и скважин, где необходимо вертикальное расположение ленты.

Функции натяжения ленты и съема жидкости, выполняют гладкие, зубчатые, эластично-пористые, ребристые и подпружиненные ролики. Их конструкция уменьшает буксование ленты и улучшает съем воды.

В ленточных водоподъемниках применяют различные типы вертикальных приводных барабанов: гладкие цилиндрические, с кольцевой проточкой, перфорированные, с водоотводящими каналами, ребристые и с конусными ступицами. Выбор конструкции зависит от типа применяемой ленты, уменьшения ее буксования и большего отделения воды.

В подъемниках жидкость снимается с восходящей ветви, с нисходящей ветви, с двух ветвей. Это зависит от конструктивных особенностей и направлено на полное отделение воды с ленты.

В анализируемых конструкциях ленточных водоподъемников прижимные ролики устанавливаются в верхней части, в нижней части, с внутренней и внешней стороны ленты одновременно, боковой внешней. Чаще встречаются конструкции с расположением ролика у приводного барабана.

В движение водоподъемники приводятся механическим, гидравлическим, электрическим приводами и возобновляемыми источниками, которые включают в себя ветродвигатель, солнечную энергию, собственный вес животных и т.д. К приводу предъявляются требования по упрощению эксплуатации в полевых условиях и по использованию дешевых видов энергии.

Конструктивные особенности некоторых водоподъемников усложняют их и, соответственно снижают, надежность работы.

Считаем, что наиболее перспективными и приемлемыми в настоящее время по предъявляемым требованиям являются: по простоте конструкции - с гладкой лентой, двухбарабанные, по снижению удельной энергоемкости - с двухместным отделением воды.

Для механизации подъема воды на пастбищах используют безнапорные водоподъемники. Широкое применение получили ленточные водоподъемники для подачи воды из шахтных колодцев.

Водоподъемник состоит из прорезиненной "бесконечной" ленты, которая помещается в желобе ведущего барабана, расположенного в кожухе, снабженном сливным патрубком для отвода воды в резервуар. Нижний конец ленты проходит через ведомый барабан с подвешенным на нем грузом, для постоянного удержания ленты в натянутом состоянии. При вращении ведущего барабана лента перемещается и, проходя через толщу воды в колодце, увлекает за собой частицы воды. При выносе воды наверх в момент перехода через ведущий барабан эти частицы под действием центробежных сил отбрасываются в кожух, из которого по сливному патрубку стекают в резервуар.

Одним из главных показателей ленточного водоподъемника является производительность, повышение которой - в числе основных задач. Нами были проведены испытания по выявлению факто-

ров, влияющих на производительность ленточного водоподъемника. В процессе исследования были выявлены некоторые факторы, снижающие его производительность (таблица 2).

Рассмотрим каждый фактор отдельно и постараемся выявить мероприятия для максимального их устранения.

1. Сталкивание жидкости с внутренней стороны ленты ведущим барабаном водоподъемника.

При работе ленточного водоподъемника электродвигатель посредством ременной передачи вращает ведущий барабан, который приводит в движение рабочий орган – ленту. При вращении ленты, выходя из источника воды, увлекает за собой тонкий слой воды, удерживающийся на поверхности, благодаря силам сцепления. При вращении ленты на ведущем барабане слой воды, который находится на внутренней стороне ленты, сталкивается с основанием барабана при огибании его лентой. Здесь и происходит сброс слоя воды вниз. Устранить этот фактор можно установкой дополнительного ролика, который поджимает ленту с увлекаемой жидкостью. При этом увеличивается обхват лентой ведущего барабана. Уменьшается угол встречи слоя воды и основания ведущего барабана, поэтому происходит большее увлечение воды за лентой и уменьшается сброс ее в обратном направлении.

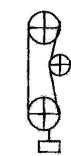
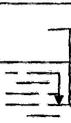
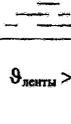
2. Буксование ленты на ведущем барабане.

Во время работы ленточного водоподъемника лента со слоем воды подходит к ведущему барабану и набегает на него. Между основанием барабана и лентой находится слой воды, который увеличивает буксование ленты, так как он выступает в роли смазки, при этом уменьшается скорость и уменьшается, соответственно производительность самого водоподъемника. При установке поджимного ролика лента натягивается, увеличивается обхват лентой ведущего барабана, а следовательно, уменьшается буксование, так как лента плотнее прижимается к основанию ведущего барабана, уплотняя слой воды.

3. Сброс жидкости с ленты.

Вращение ленты осуществляется от ведущего барабана до ведомого барабана ленточного водоподъемника без слоя воды и от ведомого барабана до ведущего барабана со слоем жидкости. На расстоянии между этими двумя барабанами каждая ветвь ленты при движении испытывает колебание. При колебании ветви ленты со слоем воды происходит сброс жидкости в обратном направлении, что влияет на производительность водоподъемника. Величина колебаний ленты и количество сброшенной воды зависят от высоты подъема жидкости, т.е. длины самой ленты и от скорости вращения рабочего органа – ленты. Максимально уменьшить колебания ленты можно выбором оптимальной длины ленты и скорости ее движения, увеличением натяжного балласта, а также дополнительно установкой успокоителей ленты.

Таблица 2. **Факторы, снижающие производительность ленточного водоподъемника**

поз	факторы	меры их устранения	схемы
1	Сталкивание жидкости с внутренней стороны ленты.	Установка поджимного ролика.	
	Буксование ленты на ведущем барабане.	Увеличение угла обхвата.	
2	Разбрызгивание жидкости с поверхности ленты.	Оптимизация длины ленты и кинематических режимов работы, установка успокоителей.	
3	Продергивание ленты из воды.	Оптимальная глубина погружения ведомого шкива, оптимальные кинематические режимы работы.	
4	Обратное стекание жидкости с ленты.	Выбор скорости ленты большей, чем скорость стекания жидкости	$v_{ленты} > v_{стекания}$

4. Разбрызгивание жидкости с поверхности ленты.

Бесконечная лента вращается на двух барабанах. При сходе ленты с ведомого барабана ленточного водоподъемника и при выходе ее из накопителя воды наблюдается разбрызгивание жидкости с самой ленты и на поверхности накопителя. Количество разбрызгиваемой жидкости зависит от скорости вращения ленты. Уменьшить этот фактор можно выбором оптимальных кинематических режимов работы ленточного водоподъемника.

5. Продергивание ленты из слоя воды при выходе ее из накопителя.

При движении ленты сверху вниз, она огибает ведомый барабан водоподъемника в толще воды накопителя. Работа ленточного водоподъемника осуществляется на различных, скоростных режимах и при выходе рабочего органа – ленты из накопителя наблюдается продергивание ленты относительно слоев воды, что приводит к снижению производительности водоподъемника. Для устранения этого фактора необходимо изменять и находить оптимальную глубину погружения ведомого шкива водоподъемника в толщу воды накопителя и оптимизировать кинематический режим работы установки.

6. Стеkanie жидкости с ленты.

В процессе работы ленточного водоподъемника при выходе рабочего органа – ленты из накопителя жидкости она увлекает за собой определенный слой воды, который удерживается на ней и поднимается вверх. Пока лента движется до ведущего барабана водоподъемника происходит самопроизвольное стекание жидкости по ленте вниз обратно в водоисточник, что влияет на количество воды, поднятое наверх, а следовательно, влияет на производительность ленточного водоподъемника. Чтобы этого не происходило и как можно меньше терялось жидкости, необходимо выбирать скорость движения ленты больше, чем скорость стекания жидкости по ней.

Вышеперечисленные факторы, влияющие на производительность ленточного водоподъемника, можно уменьшить или устранить изменением конструктивной схемы базового водоподъемника, применяя различные дополнительные элементы, в частности, прижимной ролик.

Ленточные водоподъемники в процессе работы выполняют следующие операции: захват и подъем воды рабочим органом и отвод воды с поверхностей ленты в водоприемный корпус.

Основной и наиболее ответственной операцией является отвод поднятой воды с ленты, так как от этого зависит величина подачи водоподъемника и потребляемой энергии.

Анализ механики отвода поднятой воды показал, что при работе водоподъемника лента, выходя из воды, удерживает слой жидкости как внешней, так и внутренней поверхностью. Слой воды с внешней поверхности ленты сбрасывается в водоприемный корпус за счет центробежных сил. Слой воды, удерживающийся на внутренней поверхности водонесущей ветви ленты при набегании ее на ведущий шкив, накапливаясь, образует водяной клин между внутренней поверхностью ленты и ведущим шкивом. Рабочая поверхность последнего имеет форму сплошного цилиндра. По мере увеличения водяного клина под действием сил тяжести малая часть воды попадает в водоприемный корпус, большая часть воды через карман возвращается в водоисточник. При набегании ленты на ведущий шкив, слой воды, который находится на внутренней стороне ленты, сталкивается с основанием шкива при огибании его лентой. Здесь и происходит сброс этого слоя воды вниз. Между основанием шкива и лентой находится слой жидкости, который увеличивает буксование ленты, так как выступает в роли смазки, при этом уменьшается скорость и, соответственно производительность водоподъемника.

Таким образом, в конструкции серийно выпускаемых ленточных водоподъемников до набегания или при огибании лентой ведущего шкива отвод воды с внутренней поверхности ленты не предусмотрен, что нарушает технологический процесс и ухудшает технико-экономические показатели.

Исходя из вышеизложенного, с учетом анализа существующих конструкций и исследований ленточных водоподъемников с целью повышения их подачи предлагается, применять для усовершенствования ленточных водоподъемников прижимные ролики различной конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каплан Р.М., Яковлев А.А. Механизация водоснабжения на пастбищах. - Алма-Ата: Кайнар, 1986. – 234 с.
2. Усаковский В.М. Водоснабжение в сельском хозяйстве. - М.: Агропромиздат, 1989. – 346 с.
3. Тлеубергенов С.Т. Комплексная механизация овцеводства. - Алма-Ата: Кайнар, 1974. – 365 с.
4. Усаковский В.М. Водоснабжение, водоотведение и охрана окружающей среды. - М.: Нива России, 1992. – 279с.

REFERENCES:

1. Kaplan R.M., Yakovlev A.A. Mekhanizatsiya vodosnabzheniya na pastbishchakh. – Alma-Ata: Kainar, 1986. – 234 s.
2. Usakovskiy V.M. Vodosnabzhenie v selskom khozyaistve. - M.: Agropromizdat, 1989. – 346 s.
3. Tleubergenov S.T. Kompleksnaya mekhanizatsiya ovtsevodstva. - Alma-Ata: Kainar, 1974. – 365 s.
4. Usakovskiy V.M. Vodosnabzhenie, vodootvedenie i okhrana okruzhayushchei sredy. - M.: Niva Rossii, 1992. – 279 s.

Кушнир В.Г.

**Мал жайылымдары үшін су көтеру агрегаттарын жетілдіру**

**Түйіндеме.** Жұмыста мал жайылымдары үшін су көтеру агрегаттарына қысқаша шолу келтірілген. Су көтеру агрегаттарының техникалық мінездемесіне анализ жасалған және таспалы су көтергіштерге жіктеу берілген. Су көтергіштердің өнімділігін төмендететін факторлар және оларды жою әдістері келтірілген. Нұсқаулар ауылшаруашылық өндірісінің мамандарына арналған.

**Түйінді сөздер:** су көтеру агрегаты, сумен қамтамасыз ету, мал шаруашылығы, мал жайылымы, су көтеруді механикаландыру.

Кушнир В.Г.

**Совершенствование водоподъемных агрегатов для пастбищ**

**Резюме.** В работе представлены краткий обзор водоподъемных агрегатов для пастбищ, пути их совершенствования. Проанализированы технические характеристики водоподъемных агрегатов и дана классификация ленточных водоподъемников. Приведены факторы, снижающие производительность водоподъемника и методы их устранения. Рекомендации предназначены для специалистов сельскохозяйственного производства.

**Ключевые слова:** водоподъемный агрегат, водоснабжение, животноводство, пастбища, механизация водоподъема.

Kushnir V.G.

**Improvement of water-lifting machines for pasture**

**Summary.** This paper presents an overview of water-lifting machines for pasture and ways to improve them. It was analyzed the characteristics of water-lifting machines and it was done the classification of water-lifting belt machines. It was showed the factors that reduce the water-pump performance and it was showed the methods of troubleshooting. The recommendations are intended for the professionals in agricultural production.

**Keywords:** water-lifting machine, water, livestock, pasture, water lifting mechanization.

УДК 621.311.1

**И.В. Кошкин, С.Б.Есимханов**

(Костанайский государственный университет им. А.Байтурсынова  
г. Костанай, Республика Казахстан)

**ПРОГРАММА ДЕЙСТВИЙ ПО УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ СИСТЕМЫ  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АГРАРНОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА КОСТАНАЙСКОЙ  
ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы анализа состояния сельских электрических сетей Костанайской области, предложены организационно-технические мероприятия перехода к устойчивым структурам производства, распределения и использования энергии.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, электрические сети, электрооборудование.

Электроэнергетика является одной из базовых отраслей экономики Республики Казахстан и играет важную роль в экономической и социальной сфере нашего государства. Электроэнергетический комплекс определен как один из приоритетных секторов экономики страны и рассматривается как динамично сбалансированная система: энергетика - экономика - природа - общество при устойчивом развитии электроэнергетики на базе новых высокоэффективных технологий и постоянного снижения энергоемкости внутреннего валового продукта [1].

Процессы расширения свободы экономических действий электроэнергетической отрасли, направленные на формирование конкурентных национальных и создание транснациональных рынков электроэнергии, являются одной из основных тенденций развития современной экономики нашей страны.

Конечная цель осуществляемых преобразований – повышение экономической эффективности производства и потребления электроэнергии, снижение ее потребительской цены путем обострения конкуренции и формирование открытого рынка взамен существующего производства монопольного характера.

Повышение экономичности электроснабжения – большая комплексная задача. С ней тесно связаны задачи технического характера – качественная электроэнергия и надежность электроснабжения потребителей.

Проблемы электроснабжения аграрных электропотребителей Костанайской области возникли с началом электрификации сельского хозяйства.

На первом этапе электрификации сельского хозяйства электроснабжение потребителей осуществлялось, как правило, от собственных электростанций. На втором этапе сельской электрификации образовались областные энергосистемы, произошло подключение колхозов и совхозов к государственным электрическим сетям, с ликвидацией местных источников электроснабжения. Энергосистемы получили право выдавать каждому потребителю технические условия на присоединение, запрещать потребителям сооружение собственных генерирующих мощностей.

В процессе строительства сельских электрических сетей, апогей которого пришёлся на начало 60-х годов, проводился курс на удешевление стоимости сетей. Это привело в первую очередь к низкой надежности и экономичности сельских распределительных сетей.

Фактические гололёдно-ветровые нагрузки во многих сельских районах превышают проектные, что вызывает массовые и продолжительные отключения сельских распределительных ЛЭП. Выбор сечения проводов ВЛ по минимуму проводникового материала, исходя из величины допустимой потери напряжения, привел к большим потерям при передаче электроэнергии. Нормативный срок службы электрических сетей составляет около 30 лет, поэтому массовая реконструкция должна была проводиться в 90-е годы прошлого века, но не проводилась в связи с ломкой политической системы и кризисом экономики.

В настоящее время в Костанайской области техническое состояние более половины сельских городских сетей определяют как неудовлетворительное. Протяжённость сетей ВЛ-0,38 и 10 кВ значительно больше оптимальной длины. Большая часть воздушных линий электропередач 10 кВ и 0,4 кВ находится на деревянных опорах и опорах с ж/б приставками, построенными еще в 1969-1983 гг., которые имеют признаки загнивания, полностью изношены и находятся в аварийном состоянии. Существующая схема питающих и распределительных электрических сетей 10 кВ в ряде случаев не соответствует требованиям ПУЭ РК и требованиям по надёжности электроснабжения. Поэтому надёжность сельскохозяйственных потребителей составляет сегодня 70-100 ч перерывов в электроснабжении в год (в развитых странах – 7-10 ч/год), у 35 % сельскохозяйственных потребителей не обеспечивается напряжение, падающее вечерами до 190-200. В несимметрия по фазам в сетях 0,38 кВ доходит до 50 %. Часть подстанций 10/0,4 кВ, питающих потребителей 1-й и 2-й категорий, является однострансформаторными или двухтрансформаторными без секционирования по стороне 10 кВ.

Вышеуказанные причины снижают эффект электрификации сельского хозяйства, без которой невозможно доведение эффективности сельскохозяйственного производства до мировых стандартов и решение проблемы бедности сельского населения.

Что касается городских сетей и сетей напряжением 35 кВ и выше, то они сформированы в 50-70-е годы, схемы ОРУ подстанций в основном выполнены с отделителями и короткозамыкателями с предохранителями типа ПСН, нетиповые и не соответствуют действующим нормам и требованиям по надежности. Основное оборудование физически и морально устарело: 190 подстанций 35 кВ и выше (52% от общего кол-ва) имеют срок эксплуатации 30 лет и более. Подстанция 110 кВ Южная, подстанция 35 кВ Заводская в городе Костанай перегружены, требуется замена трансформаторов на большую мощность или строительство новых подстанций. Около 50 % подстанций 110 кВ и 60 % подстанций 35 кВ районов области имеют загрузку трансформаторов до 30 % и менее от номинальной мощности [2].

Таким образом, в настоящее время остро стоит проблема электроснабжения аграрных, промышленных и городских потребителей, надежного и экономичного обеспечения потребителей качественной электроэнергией.

Целью работы является разработка программы по развитию распределительных электрических сетей напряжением 0,4–6–35 кВ с целью обеспечения надежного и бесперебойного электроснабжения потребителей Костанайской области и создания технических условий по обеспечению перспективных электрических нагрузок для объектов нового строительства.

Для реализации данной стратегии планируется выполнение следующих этапов.

**Этап 1.** Анализ технико-экономических показателей работы электрических сетей Костанайской области, анализ производственной базы и технического оснащения энергопредприятий, систем автоматизации и структуры потребления электрической энергии.

1.1. Анализ надежности, технического состояния и технического уровня существующих электрических сетей напряжением 6–35 кВ.

В данной части необходимо провести анализ предельных по передаваемой мощности режимов сетей области; определение опасных сечений, загрузки силовых трансформаторов, состояния эксплуатационной надежности электрооборудования и уровня напряжения с учетом существующих и перспективных нагрузок в рассматриваемый период; возможного снижения надежности электроснабжения при исчерпании резервов электрической мощности с оценкой вероятности возникновения аварийных ситуаций, структурный анализ потерь мощности – по их характеру, типам оборудования, районам и уровням напряжения; проведение серийных (многовариантных) расчетов по списку возможных аварийных ситуаций.

Привести ориентировочные данные процентного износа действующего электрооборудования с рекомендациями по дальнейшей эксплуатации с выполнением капитального ремонта или частичной замены морально и физически устаревшего оборудования на современное с применением кабельных линий с высоконадежной изоляцией из сшитого полиэтилена, силовых трансформаторов современной конструкции и вакуумных выключателей.

1.2. Анализ надежности, технического состояния и технического уровня существующих электрических сетей напряжением 0,4 кВ.

В данной части необходимо провести анализ технического состояния действующих кабельных и воздушных линий 0,4 кВ с учетом обеспечения существующих и перспективных нагрузок при сохранении надежности электроснабжения и нормируемых показателей качества электрической энергии.

Привести рекомендации по дальнейшей эксплуатации указанных электрических сетей с учетом необходимости реконструкции с применением самонесущих изолированных проводов с высокой пропускной способностью и электробезопасностью в районах малоэтажной застройки, а также оптимизацию компенсации реактивной мощности.

1.3. Анализ существующих схем построения электрических сетей. Составление существующей карты - схемы сетей 0,4–6–10 кВ в электронном и графическом исполнении.

В данной части, проанализировав существующие схемы построения электрических сетей, разработать предложения и рекомендации по оптимизации режимов работы сети с учетом повышения надежности электроснабжения потребителей и сокращения эксплуатационных затрат, снижению количества аварийных отключений и уменьшению повреждаемости сети 6–10 кВ по технологическим причинам (высокие значения токов замыкания на землю, пониженное сопротивление изоляции и др.)

1.4. Анализ потребления и структура потребления электроэнергии.

В данном разделе выполнить анализ электропотребления за период с 2006 года по 2011 год включительно в разрезе групп потребителей и в общем объеме потребления.

Составить сценарный прогноз электропотребления на среднесрочную перспективу до 2015 года.

1.5. Анализ производственной базы и технического оснащения предприятия.

В данной части необходимо выполнить анализ технического состояния эксплуатационных участков и ремонтной базы предприятий области, оснащения необходимым оборудованием и материалами, дать оценку технического состояния парка автотранспортных средств и спецтехники, существующей системы материально – технического снабжения и складского хозяйства. По результатам анализа дать рекомендации по расширению и модернизации производственно-технической базы предприятия с учетом перспективного развития электрических сетей.

1.6. Анализ работы существующих систем автоматизации предприятия.

В данной части провести анализ применяемых на предприятии автоматизированных систем диспетчерского управления и коммерческого учета электрической энергии (АСДУ и АСКУЭ) с указанием проблем и недостатков при их использовании, привести рекомендации по внедрению современных сис-

тем, в том числе управления технологическими процессами (АСУ ТП), созданию географической информационной системы (ГИС) на плане города по сетям 0,4–6–35 кВ, трансформаторным подстанциям и распределительным пунктам в различных масштабах. Выполнить анализ применяемого на предприятиях компьютерного аппаратного и программного обеспечения, дать рекомендации по оптимальному использованию действующих ресурсов и оценку необходимости внедрения и использования нового компьютерного и программного обеспечения.

1.7. Анализ ресурсов возобновляемых источников энергии.

В данной части по итогам технического и экономического состояния действующих электрических сетей и структуры потребления электроэнергии провести анализ использования в процессе электропотребления возобновляемых источников энергии. Выполнить технико-экономическое обоснование использования ветроэнергетических, геотермальных, биоэнергетических ресурсов для производства энергии. Разработать технические нормативы для установок на базе ВИЭ при работе их в автономном режиме, а также работы параллельно (резервно) с единой энергосистемой. Разработать механизм стимулирования развития энергосберегающих технологий и использования ВИЭ. Подготовить программу обучения специалистов по изготовлению, монтажу, наладке и эксплуатации установок на базе ВИЭ.

1.8. Анализ энергосберегающих технологий.

В данной части необходимо провести анализ использования энергосберегающих технологий в промышленности, коммунально-бытовом секторе и в аграрном производстве. Разработать основные принципы и этапы оценки эффективности энергосберегающих технологий при производстве и передаче энергии. Разработать технико-экономическое обоснование замены физически и морально изношенного оборудования с применением энергосберегающих технологий при производстве и передаче энергии.

**Этап 2.** Прогноз электрических нагрузок и расчетный период. Разработка организационных и технических мероприятий развития электрических сетей 0,4–6–35 кВ по зоне обслуживания энергопредприятий области.

2.1. Разработка схемы развития распределительных сетей напряжением 0,4–6–35 кВ Костанайской области с учетом категоричности потребителей. Выбор схем построения и обоснование основных направлений развития электрических сетей. Целесообразность перевода действующих и строящихся сетей на более высокий класс напряжения.

В данном разделе необходимо разработать схему развития электрических сетей 0,4–6–35 кВ с учетом роста нагрузок (естественного и при развитии инфраструктуры города и области) и необходимости обеспечения надежности электроснабжения потребителей, обосновать выбор рациональных схем построения сети со строительством распределительных пунктов и трансформаторных подстанций, с применением современного электрооборудования и энергосберегающих технологий, систем управления и учета электрической энергии в соответствии с требованиями нормативно-технической литературы.

2.2. Электрические расчеты сетей 6–35 кВ в нормальном и послеаварийном режимах. Оценка потерь электрической энергии.

В данной части при выполнении расчетов сети 6–35 кВ дать оценку технических потерь электрической энергии и действующих режимов работы сети, дать рекомендации по сокращению величины потерь электрической энергии, оптимизации трансформаторных мощностей, протяженности ЛЭП, нормализации точек разрывов сети с учетом необходимости мероприятий, обеспечивающих показатели качества электрической энергии и соответствия требованиям сертификации.

Разработать и дать методические рекомендации по улучшению качества напряжения в точках поставки, уменьшению влияния факторов, ухудшающих показатели качества электроэнергии (ПКЭ) в сетях 6–10 кВ. Предусмотреть мероприятия по сокращению технических потерь электрической энергии с применением современных средств и методов.

2.3. Электрические расчеты сетей 0,4 кВ в различных режимах, оценка надежности действующих сетей. Анализ технического состояния.

В данной части необходимо проанализировать состояние и режим работы действующих сетей 0,4 кВ с учетом износа оборудования, необходимости модернизации с применением современных материалов и технологий, обеспечения необходимых показателей качества электрической энергии непосредственно в электроустановках потребителей.

Дать рекомендации по оптимизации протяженности сети, необходимости строительства трансформаторных подстанций в районах малоэтажной застройки с неудовлетворительными значениями ПКЭ,

снижению аварийности в сетях 0,4 кВ за счет применения самонесущих изолированных проводов и кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена.

**Этап 3.** Программа развития электрических сетей 0,4–6–35 кВ г. Костанай и области в зоне обслуживания местных энергопредприятий.

3.1. Определение объемов нового строительства, расширение и реконструкции сетей 0,4–6–35 кВ, включая объемы нового строительства сетей взамен действующих.

В данной части необходимо выполнить предпроектную разработку строительства новых электрических сетей в районах перспективной застройки и реконструкции действующих электрических сетей 0,4–6–10 кВ с учетом необходимости замены трансформаторных подстанций старого типа (КТП, встроенных в жилые дома, морально и физически устаревших), не удовлетворяющих требованиям нормативно-технической документации, кабельных линий 0,4–6–10 кВ с недостаточной пропускной способностью и стойкостью по условиям ТКЗ, неудовлетворительной изоляцией и подверженных электрохимической коррозии, и прочего электрооборудования, выработавшего ресурс.

Провести анализ объема указанных работ и оценку сроков проектирования, строительства, монтажа и ввода в эксплуатацию новых энергообъектов.

3.2. Составление карты-схемы электрических сетей 0,4–6–35 кВ на расчетный период в электронном и графическом исполнении.

В составе указанного раздела выполнить карту-схему электрических сетей 0,4–6–35 кВ с использованием существующего графического материала, генпланов перспективной застройки и действующей электронной карты с учетом разработки и создания географической информационной системы (ГИС) по электрическим сетям предприятия. Рассмотреть вопросы и предложения по использованию современного компьютерного и программного обеспечения для широкого внедрения информационных технологий в производственную систему предприятия.

**Этап 4.** Оценка инвестиций на развитие электрических сетей и системы электроснабжения города и области.

4.1. Разработка программы реконструкции и нового строительства электросетевых объектов с выделением этапов их приоритетности и очередности строительства по годам, с укрупненной оценкой капитальных вложений в целом по программе и каждому году в отдельности.

В составе данной главы при разработке программы реконструкции и строительства электросооружений использовать материалы предприятия по планам капитального строительства и ремонта, капитальных вложений, ликвидации «узких» мест и анализа работы действующих электрических сетей с учетом повышения надежности, качества электроснабжения, снижения аварийности и непроизводительных затрат.

4.2. Оценка удельной стоимости затрат на подключение единицы электрической мощности по каждому вновь вводимому или реконструируемому объекту.

В данной части проанализировать объем работ в составе программы, величину материальных затрат на проектирование и строительство электросооружений с учетом укрупненной оценки капитальных вложений по этапам и очередности строительства, определить удельную величину затрат и стоимость присоединения электрической мощности согласно разработанной программе.

В заключение предлагаемых организационно-технических мероприятий по итогам результатов необходимо выдать следующие данные:

– величину электрических нагрузок на перспективу до 2015 года по каждому центру питания и по городу в целом;

– удельную стоимость затрат на реконструкцию и новое строительство электрических сетей при присоединении электрических нагрузок с учетом доступности для потребителей и застройщиков объектов нового строительства;

– общую стоимость всей программы;

– долгосрочный прогноз и возможные перспективы энергопредприятий области за расчетный период (2013–2015 г.) с учетом реализации данной программы.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. «О Программе развития электроэнергетики до 2030 года». Постановление Правительства Республики Казахстан от 14 апреля 2010 года № 302.

2. «Региональная схема развития электрических сетей Костанайской области до 2015 года с перспективой до 2030 года с учетом ввода новых мощностей» // АО КазНИПИИТЭС «Энергия»: Доклад Казахстанского научно-исследовательского и проектно-изыскательского института топливно-энергетических систем «Энергия». – Астана, 2008 г – 28с.

REFERENCES:

1. «On the Program of development of electric power by 2030». Government of the Republic of Kazakhstan: dated April 14, 2010 № 302.

2. "Regional development pattern of electrical networks Kostanai region until 2015, with a view to 2030 with the introduction of new facilities" // АО КазНИПИИТЭС "Energy": Report of Kazakh Scientific Research and Design Institute of energy systems, "Energy". - Astana, 2008 - 28pages.

Кошкин И.В., Есимханов С.Б.

**Қостанай облысы ауылдық электр желілерінің күйін талдау мәселелері.**

**Түйіндеме.** Мақалада өндіріс, үлестірудің орнықты құрылымдарына өткелдің шарасы ұйымдастыру-техникалық ұсынылған қостанай облыстары ауылдық электр желілерінің күйдің талдауының сұрақтары қаралады және қуаттың пайдалануы.

Koshkin I., Esimkhanov S.

**The program of actions by stable development of the electric supply system for agricultural and industrial sector of kostanay oblast.**

**Summary.** The article deals with the analysis of the rural electric networks of Kostanai region. The organizational and technical measures to move towards sustainable patterns of production, distribution and use of energy, are proposed

**Key words:** Electric Power engineering, electricity, electric equipment.

УДК 621.34.52:631.51

**С.Б. Есимханов, И.В. Кошкин**

(Костанайский государственный университет им. А. Байтурсынова, г. Костанай, Республика Казахстан)

**ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**Аннотация.** На основе комплексных исследований автономного асинхронного электропривода в лабораторных и производственных условиях разработан вариант макетного образца системы автономного асинхронного электропривода в комплекте с цепной электропилой, обладающего наилучшими эксплуатационными и стоимостными показателями.

В статье приводятся результаты производственных испытаний системы автономного асинхронного электропривода сельскохозяйственного назначения.

**Ключевые слова:** автономный асинхронный электропривод, производственные испытания, методика исследований, экспериментальная установка, нагрузочные диаграммы.

Одним из важных направлений развития агропромышленного комплекса является создание электрифицированных машин и технических средств малой механизации, способных используя легкость передачи электроэнергии, механизировать отдельные технологические операции, связанные с выносом рабочих органов на значительные расстояния от источника энергии и придать рабочему органу несколько степеней свободы.

В условиях, когда отсутствует централизованное электроснабжение, привод рабочих органов осуществляется при помощи автономного электропривода. Автономный электропривод используется в ряде машин и аппаратах для садоводства, виноградарства, лесного хозяйства и других отраслей, а также в мобильных агрегатах.

Существующие типы автономных электроприводов не в полной мере отвечают тяжелым условиям эксплуатации в сельскохозяйственном производстве, в частности, имеют неудовлетворительные массогабаритные, невысокие эксплуатационные (надежность, к.п.д. и безопасность) и стоимостные показатели.

При создании альтернативных вариантов автономных асинхронных электроприводов рабочих органов сельскохозяйственного назначения, как правило, не стремились к отысканию обязательно оптимальной системы, а ограничивались определением наилучшей системы по частному критерию эффективности (в основном, по массе и стоимости).

На протяжении нескольких лет проведены НИР и ОКР по разработке систем автономных электроприводов сельскохозяйственного назначения с повышенными эксплуатационными и стоимостными показателями. Результатом этих исследований стала разработка макетного образца автономного электропривода для привода сельскохозяйственных машин и технических средств малой механизации. Следующей стадией исследований является проведение их производственных испытаний. Как известно, целью любых испытаний оборудования, как и всяких других изделий промышленности, является проверка их пригодности к той работе, для которой они предназначены изготовителем.

**Производственные испытания автономного электропривода.** Целью производственных испытаний является: проверка целесообразности применения разработанного макетного образца автономного электропривода в качестве привода рабочих органов мобильных сельскохозяйственных машин и технических средств малой механизации; проверка и оценка надежности, безопасности и работоспособности макетного образца системы автономного электропривода в реальных условиях [1, с.15-16].

В ходе производственных испытаний решались следующие задачи:

- разработка и подготовка полевой испытательной установки;
- проверка и оценка надежности, безопасности и работоспособности макетного образца системы автономного электропривода в производственных условиях;
- запись нагрузочной диаграммы макетных образцов асинхронного двигателя и синхронного генератора при различных режимах работы;
- обработка результатов испытаний.

**Разработка полевой испытательной установки.** Разработанный макетный образец автономного электропривода испытывался в качестве привода моторной цепной электропилы, применяемой в лесной промышленности и сельском хозяйстве.

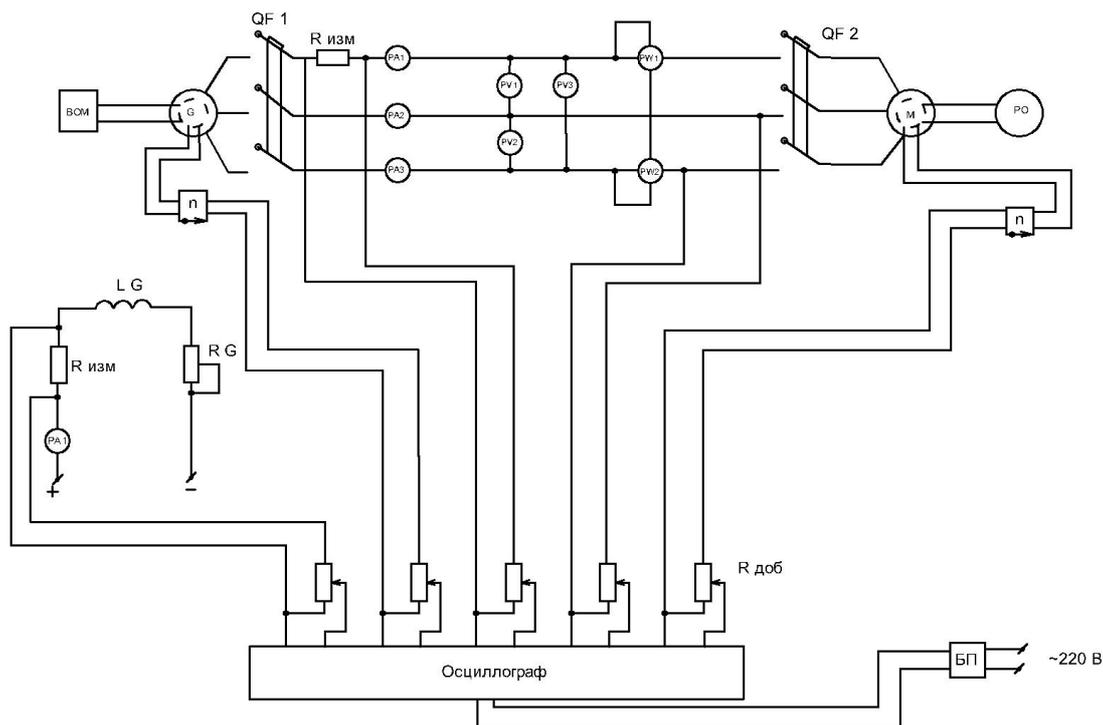
В соответствии с целями производственных исследований было разработано мобильное энергетическое средство на базе трактора тягового класса 1,4, с независимым приводом вала отбора мощности, оборудованного синхронным генератором повышенной частоты напряжения.

Генератор закреплен на специальной площадке, установленной на задней гидронавеске, при этом функциональное назначение трактора, как тягача сохраняется. Привод генератора осуществляется от ВОМ трактора. На этой же площадке установлен ящик с пускозащитной аппаратурой. Асинхронный двигатель рабочего инструмента с источником энергии соединен посредством гибкого кабеля.

**Методика проведения экспериментальных исследований и обработки их результатов.** Измерение и запись токов электродвигателя и генератора осуществлялись при помощи измерительных сопротивлений  $R_{изм}$ , подобранными с точностью 0,1%, при этом напряжения с  $R_{изм}$  подаются на гальванометры светолучевого осциллографа Н-041У. Ток возбуждения, также записывался при помощи шунта, выбранного с точностью 0,1%.

Для записи напряжения генератора использовали магазины сопротивлений.

Необходимые амплитуды отклонения лучей гальванометров устанавливались при помощи добавочных регулировочных сопротивлений  $R_{доб}$ . Измерение и регистрация частот вращения ротора электродвигателя и якоря генератора, производилась посредством тахогенераторов [2, с.120-123]. Сигналы с тахогенераторов, через добавочные сопротивления, подавались на гальванометры осциллографа. Все датчики предварительно тарировались. Питание осциллографа осуществлялось посредством блока питания, подключенного к сети 220В, напряжение питания осциллографа  $27 \pm 2В$ . Общий вид приборов и схема их включения даны, соответственно, на рисунке 1.



**Рис. 1.** Принципиальная электрическая схема экспериментальной установки

В виду сложности теоретического расчета нагрузочных диаграмм двигателя рабочего органа, их целесообразно снять экспериментально. Нагрузочные диаграммы двигателя и генератора могут быть сняты как зависимости линейного тока системы и скорости ротора двигателя от времени  $i_{да} = \varphi(t)$ ,  $\omega = \varphi(t)$  [3, с.19].

Устойчивость системы электропривода в переходных режимах целесообразно исследовать на макетном образце путем создания соответствующих режимов работы агрегата, при этом, кроме вышеуказанных параметров, необходимо регистрировать напряжение генератора  $U_A = \varphi_1(t)$ .

**Результаты производственных испытаний.** В ходе экспериментов исследовались режимы пуска электропривода, холостого хода и работы электропривода под нагрузкой [4, с. 14].

*Пуск электропривода.* Опыт проводился при возбужденном генераторе, путем подключения электродвигателя используемого для привода ручной пилы к напряжению автономного генератора. Пила работала на холостом ходу. При этом регистрировались линейный ток системы  $I_{да}$ , фазное напряжение генератора  $U_{ГА}$  и частота вращения ротора электродвигателя  $n_{д}$ . Соответствующая нагрузочная диаграмма приведена на рисунке 2.

Длительность пуска составляет около 0,52 сек. Пусковой ток достигает 45 А, что почти в два раза больше номинального. Напряжение генератора в период пуска падает до 33 В, или на 8,3 % от номинального значения. В целом система позволяет осуществить уверенный пуск двигателя [5, с.17].

*Работа электропривода под нагрузкой.* При испытаниях осуществлялась обрезка веток и стволов деревьев. Фрагмент нагрузочной диаграммы электродвигателя показан на рисунке 3.

Режим работы электропривода – длительный, перемежающийся. Периоды работы под нагрузкой сочетаются с периодами работы на холостом ходу.

Наибольшая длительность работы привода под нагрузкой составила около 90 сек, наибольшее действующее значение тока 27 А. Фрагменты осциллограмм пуска, под нагрузкой и выключения автономного асинхронного электропривода приведены в приложении К.

При определении статистических характеристик нагрузочной диаграммы шаг квантования был принят равным 1 сек и длительность реализации процесса 100 сек. Математическое ожидание линейного тока электродвигателя равно  $I_x = 12,3 \text{ А}$ , дисперсия  $D_x = 10,1 \text{ А}^2$  и коэффициент вариации  $K_v = 12,7\%$  [5, с.23].

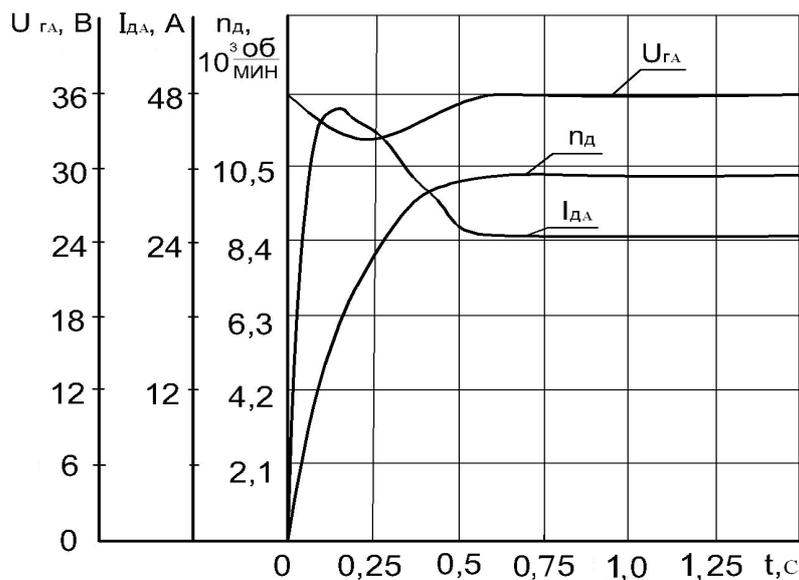


Рис. 2. Нагрузочная диаграмма двигателя цепной пилы при пуске

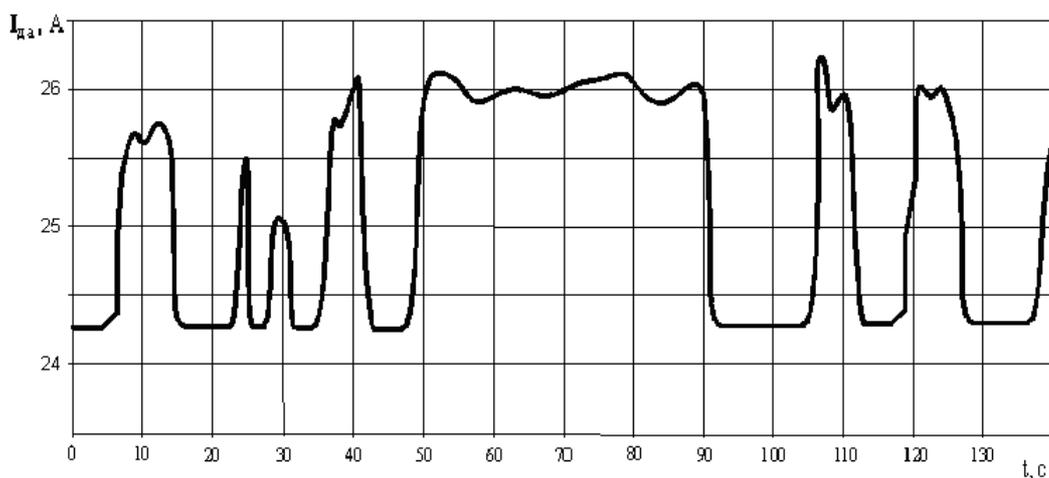


Рис. 3. Нагрузочная диаграмма электродвигателя привода цепной пилы

Следовательно, режим работы электропривода не выходил за пределы допустимого.

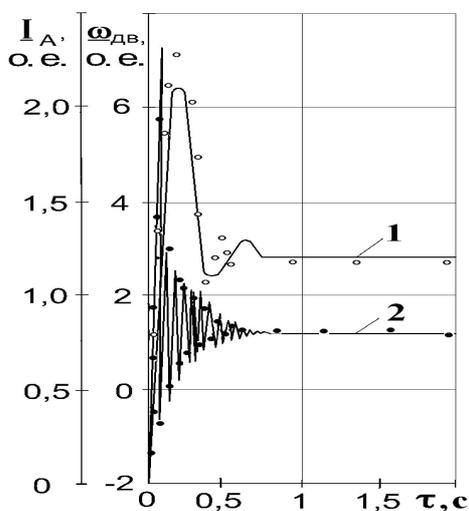
Точность измерений в опытах оценивается по предельной суммарной погрешности. Так, погрешность измерения тока электродвигателя рабочего органа определяем как

$$P = P_{ИТ} + P_{Г} + P_{ИП} + P_{ДФ} + P_{ОБ} = 0,5 + 0,5 + 1,0 + 1,5 + 1,0 = 4,5\%, \quad (5.39)$$

где  $P_{ИТ} = 0,5\%$  - инструментальная погрешность приборов;  $P_{Г} = 0,5\%$  - погрешность гальванометра;  $P_{ИП} = 1,0\%$  - погрешность измерительных преобразователей;  $P_{ДФ} = 1,5\%$  - погрешность от дестабилизирующих факторов (вибрации, нестабильность напряжения источника питания);  $P_{ОБ} = 1,0\%$  - погрешность обработки осциллограмм [6, с. 76].

На рисунке 4 приведены в относительных единицах диаграммы пуска асинхронного двигателя разработанной автономной системы для привода ручной пилы.

Точками обозначены экспериментальные значения тока и скорости двигателя. Разность между расчетными и экспериментальными данными составила по действующему значению тока не более 8% и скорости двигателя не более 7%.



**Рис. 4.** Расчетные диаграммы действующего значения тока (1) и скорости вращения асинхронного двигателя (2) при пуске

Производственные испытания показали устойчивую работу системы в различных переходных режимах, удобство и безопасность эксплуатации электропривода ручной пилы, тем самым подтвердив работоспособность разработанного автономного асинхронного электропривода.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 24059-88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической работы. - Введ. 1989-01-01. - М.: Госстандарт СССР: Издательство стандартов, 1989. – 25с.
2. *Захаров О.Г.* Испытатель электрических машин, аппаратов и приборов. -М.: Высшая школа, 1982. - 214с.
3. ГОСТ 27471-87. Машины электрические вращающиеся. Характеристики, расчетные параметры и режимы работы. Термины и определения. - Введ. 1988-07-01. - М.: Госстандарт СССР: Издательство стандартов, 1989. - 36 с.
4. ГОСТ 20915-75. Методы определения условий испытаний. - Введ. 1977-01-01. - М.: Госстандарт СССР: Издательство стандартов, 1977. - 24 с.
5. ГОСТ 11828-86 взамен на 11828-75. Машины электрические вращающиеся. Общие методы испытаний. - Введ. 1987-07-01. – М.: Межгосстандарт: Издательство стандартов, 1986. – 28 с.
6. Румшицкий Л.З. Математическая обработка результатов эксперимента. -М.: Наука, 1971. -192с.

Есімханов С.Б., Кошкин И.В.

**Арналымы ауылшаруашылықтық автономды асинхронды электр жетек жүйесінің өндірістік сынақтары.**

**Түйіндеме.** Ауылшаруашылық машиналар мен шағын механикаландырудың техникалық құралдарының автономды электр жетектің өндірістік сынаулары өткізілді. Өндірістік сынаулар өткізу нәтижесінде келесі міндеттер шешілді: сынау қондырғысы ойлап-құрастырылды; өндірістік жағдайларда автономды электр жетек жүйесінің макеттік үлгісінің сенімділігі, қауіпсіздігі және жұмыс істеу қабілеттілігі тексерілді және бағаланды; әр түрлі жұмыс істеу режимдерінде асинхронды қозғалтқыш пен синхронды генератордың макеттік үлгілерінің жүктемелік диаграммалары түсірілді.

**Негізгі сөздер:** автономды асинхронды электр жетек, өндірістік сынақтар, зерттеу әдістемесі, тәжірибелік қондырғысы, жүктемелік диаграммалар.

Есимханов С.Б., Кошкин И.В.

**Производственные испытания системы автономного асинхронного электропривода сельскохозяйственного назначения.**

**Резюме.** Проведены производственные испытания автономного электропривода сельскохозяйственных машин и технических средств малой механизации. В ходе производственных испытаний решены следующие задачи: разработана полевая испытательная установка; проверена и оценена надежность, безопасность и работоспособность макетного образца системы автономного электропривода в производственных условиях; записаны нагрузочные диаграммы макетных образцов асинхронного двигателя и синхронного генератора при различных режимах работы.

**Ключевые слова:** автономный асинхронный электропривод, производственные испытания, методика исследований, экспериментальная установка, нагрузочные диаграммы.

Yessimkhanov S.B., Koshkin I.V.

**Production tests of system of the independent asynchronous electric drive of agricultural purpose.**

**Summary.** Conducted field tests of auxiliary electric agricultural machinery and technical tools. During production trials addressed the following objectives: a field test facility; tested and evaluated the reliability, security and health of your mock-up systems of independent electric drive under production conditions; load diagram layout samples recorded an asynchronous motor and a synchronous generator with different modes of operation.

**Keywords:** independent asynchronous electric drive, production tests, technique of researches, experimental installation, load charts.

УДК 622. 243. 94 (088. 8)

**А.А. Генбач, Г.Ж. Жамбыл**

(Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Республика Казахстан)

**ПРЕДЕЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ПОТОКИ ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ ТУРБИН ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ**

Пуски и остановы паровой турбины являются наиболее ответственными этапами эксплуатации паротурбинной установки (ПТУ). При переходных режимах происходят значительные изменения механического и термического состояния элементов турбины и паропроводов. Поэтому от правильного проведения режимов пуска и останова существенно зависят эксплуатационная надежность и долговечность турбоагрегата.

Опыт эксплуатации турбин большой мощности показал, что значительная часть аварий с турбинным оборудованием происходит при пуске вследствие неправильного режима прогрева, ошибочных действий персонала и конструктивных недостатков агрегата [1-4]. Обычно некачественный пуск или останов турбины не приводит непосредственно к аварии в данный момент, но сказывается в дальнейшем. Анализ режимов работы турбоагрегатов показывает, что появление трещин в корпусах турбин, клапанов и в паропроводах, прогиб роторов и цилиндров турбин, коробление фланцев горизонтального разъема, ослабление посадочных соединений, изменение структурного состояния металла, повышенный износ подшипников, а также ряд других неполадок, выявившихся в начальной стадии эксплуатации, являются следствием некачественных пусков.

Безопасность турбины зависит от правильной методики пуска, а также от квалификации и степени подготовленности обслуживающего персонала. Разработка оптимального режима пуска агрегата основывается на теоретических и экспериментальных исследованиях, проводимых научно-исследовательскими институтами, заводами-изготовителями и наладочными организациями.

Поскольку в процессе прогрева отдельные узлы турбины испытывают значительные температурные напряжения, задачей этих исследований является определение температурных полей и напряжений. Определяется коэффициент теплоотдачи от греющей среды к стенке и температурные поля в нагреваемом элементе в любой момент времени. Далее, находятся термические напряжения в наиболее опасных сечениях при максимальном перепаде температур между паром и металлом.

Определение коэффициентов теплоотдачи от пара к стенке в процессе прогрева турбин и паропроводов является задачей сложной и малоизученной. В любой момент времени меняются скорости пара и

его параметры. В начальный момент прогрева происходит конденсация пара, что приводит к резкому, скачкообразному изменению коэффициента теплоотдачи. Наряду с изменением параметров пара во времени давление, температура и скорость его изменяются также по длине обогреваемого элемента. Разность температур пара в начале и конце главного паропровода при прогреве может составить (110–150)°С [5].

Для некоторых турбин коэффициенты теплоотдачи от пара к стенке корпуса турбины в зоне регулирующей ступени составляли от 500 до 2500 Вт/м<sup>2</sup>К при изменении электрической нагрузки от 10 до 100 МВт [2].

На заключительном этапе прогрева при наборе нагрузки коэффициент теплоотдачи от пара к стенке изменяется весьма значительно.

Расчет температурных полей производится методами нестационарной теплопроводности, записанными для пластины.

Некоторые физические величины в процессе нагрева мало меняются и их в первом приближении можно принять постоянными (теплоемкость, теплопроводность и удельный вес металла). В связи с этим характер температурных полей в пластине определенной толщины в основном будет определяться коэффициентом теплоотдачи к стенке и временем прогрева. Тогда разность температур по толщине стенки, а следовательно, и термические напряжения в ней в значительной мере зависят от коэффициента теплоотдачи. В процессе увеличения плотности греющего пара увеличивается коэффициент теплоотдачи к стенке, и поэтому для сохранения приемлемой разности температур по толщине стенки скорость повышения параметров греющего пара должна уменьшаться.

Точные решения уравнений нестационарной теплопроводности имеются только для тел простой геометрической формы: пластины, трубы бесконечной длины, цилиндра, сферы. Что касается корпуса турбины и ее узлов, то они имеют сложную форму, затрудняющую аналитическое исследование температурных полей.

У элементов, имеющих достаточно простую геометрическую форму, как, например, трубопроводов постоянного диаметра, тепловое поле искажается наличием фланцевых соединений и осевой растечкой тепла вдоль трубопровода.

Геометрическую форму корпуса с некоторым приближением можно принять за полый цилиндр. Но наличие массивных фланцев делает весьма затруднительным аналитический расчет температурных полей корпуса в области фланцевого соединения. В этом случае исследования должны проводиться экспериментальными методами.

При изучении температурных полей в элементах турбомашин используется метод электротепловой и гидротепловой аналогии, осуществляемый с помощью гидроинтеграторов. Также применяется метод непосредственного измерения температур по толщине стенки с помощью термопар. Это позволяет контролировать и корректировать результаты аналитических расчетов, а также исследовать температурные поля в элементах сложной формы, где использование теоретических расчетов оказывается невозможным.

Таким образом, любые нарушения, допущенные при проведении переходных режимов, требуют проведения модернизационных работ с затратой больших средств. Так, например, турбина ПТ-80/100-130/13 потребовала модернизации (замены) только таких дополнительных узлов, как:

- 1) обоймы регулирующей ступени цилиндра высокого давления (ЦВД) с установкой надбандажных сотовых уплотнений;
- 2) диафрагмы последних ступеней с тангенциальным навалом;
- 3) уплотнения поворотной диафрагмы;
- 4) надбандажные уплотнения ЦВД и цилиндр среднего давления (ЦСД);
- 5) диафрагменные и концевые уплотнения;
- 6) высокогерметичные уплотнения штоков регулирующих клапанов ЦВД;
- 7) системы тепловых расширений;
- 8) сотовые концевые уплотнения цилиндра низкого давления (ЦНД).

Эти дополнительные модернизации смогут повысить к. п. д. турбины в целом до 1 %. Однако при некоторых аварийных ситуациях турбина может оказаться неремонтопригодной [6].

Исследуем удельные тепловые потоки, которые могут возникнуть при пуске (останове) в основном паровых пузырей, взрывообразно рождающихся на поверхностях ротора и статора турбины, а

также паропроводах свежего и острого пара. Следует ожидать, что время появления парового зародыша составляет ( $10^{-8}$ - $10^{-6}$ )с. Поскольку он уже появляется в каком-либо концентраторе напряжений (углублении), то при больших тепловых нагрузках возможно дальнейшее разрушительное действие пузыря на поверхность турбинных деталей. В момент пуска и останова турбомашин происходит весьма интенсивный процесс кипения и конденсации паровых пузырей на непрогретых металлических поверхностях турбины [7-11].

На рис.1 представлена динамика процесса появления, жизни и гибели одиночного пузыря в активной позе (концентраторе напряжений) турбинной поверхности, покрытой пористой структурой. Структура может быть искусственной, организованной для охлаждения турбинных деталей, либо естественной (различные отложения, соли, налеты металлов и др.) [7].

Паровой пузырь спонтанно возник во впадине 2 стенки 1, покрытой пористой структурой 3, за счет подвода удельного теплового потока  $q$  (рис.1,п.1). В пористой (или капиллярно-пористой) структуре 3 протекает пароводяная смесь, подаваемая для разогрева корпуса и ротора турбины, с расходом  $G_{ж}$ . Подведенная энергия затрачивается на рост парового зародыша, начиная с его наименьшего размера  $R_{кр}$  (критического радиуса парового пузыря) (рис.1, п.2) [10].

Паровой пузырь растет и достигает внешней поверхности структуры 3 (рис.1, п.3,4). Затем он достигает отрывного размера  $R_0$  и разрушается (рис.1, п.5).

За некоторым «молчанием» центра генерации спонтанно возникает новый паровой пузырь критического размера (рис. 1, п.п. 6,7,8,9).

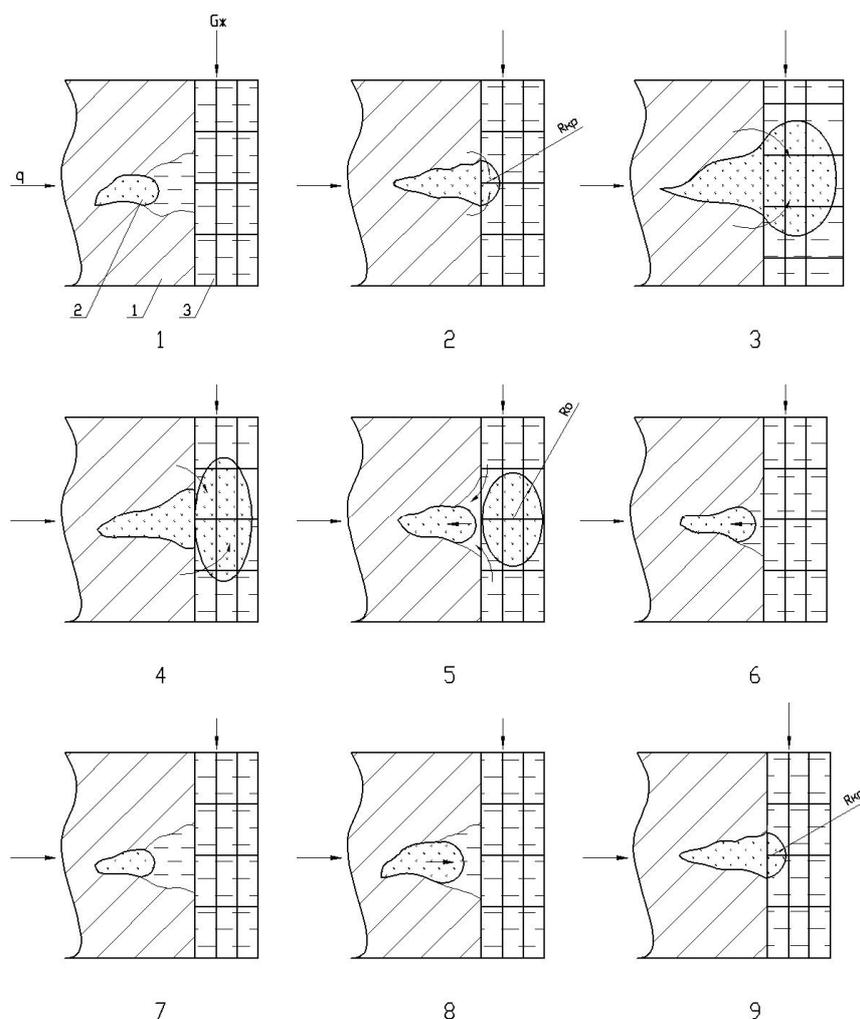


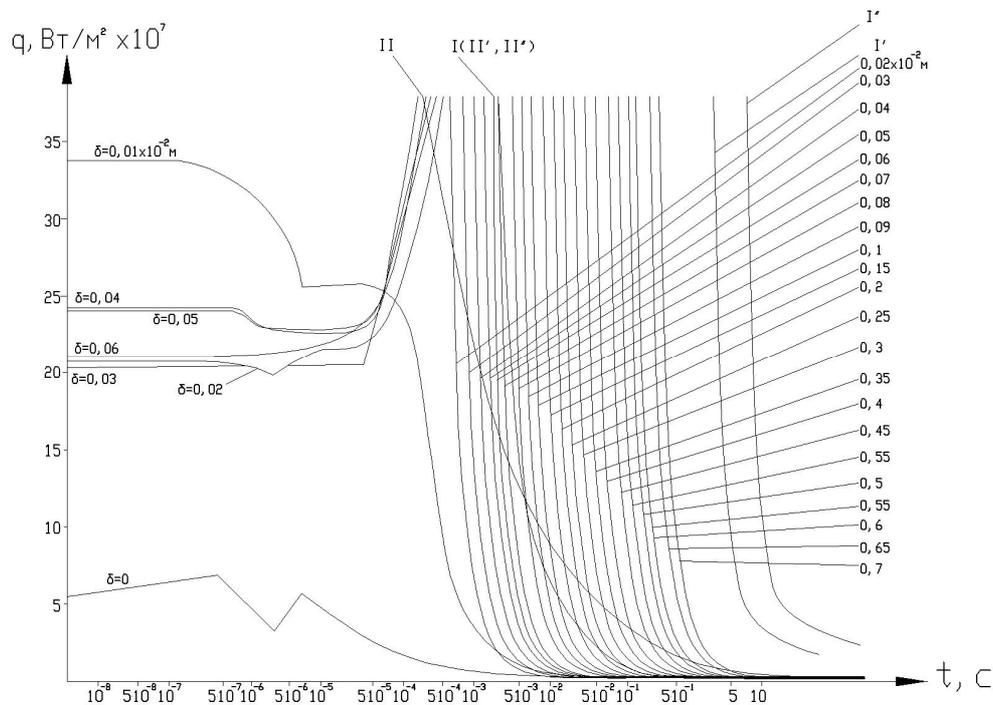
Рис. 1. Иллюстрация процесса зарождения, развития и отрыва парового пузыря в активной поре парогенерирующей стенки, покрытой пористой структурой: 1- стенка; 2- впадина; 3- пористая структура.

Когда граница пузыря (рис. 1, п. 5) касается уровня жидкости, в точке касания появляется отверстие, через которое пар вытекает из пузыря в паровой объем. По поверхности жидкости начнет распространяться волна. Такой процесс носит взрывной характер, как и в случае «рождения» парового зародыша ( $\tau=10^{-8}-10^{-6}$  с).

В процессе пуска (останова) турбины процессы зарождения и гибели пузыря приводят к возникновению кумулятивных явлений, которые наряду с коррозионными и электрическими процессами разрушают концентратор напряжения (активный центр генерации), доводя его размер до критической трещины.

Таким образом, процесс возникшей эрозии может сопровождаться ударом, кавитацией и электрохимической коррозией. В случае мгновенной концентрации пара в выемке (лунке), его объем мгновенно исчезнет и образуется мощный кумулятивный эффект (кавитация). При этом ударные волны распространяются вглубь деталей турбины, развиваются трещины, по которым поступает кислород.

Решение задачи нестационарной теплопроводности [7,8] позволяет рассчитывать удельные тепловые потоки  $q$ , возникающие в основании паровых пузырей, в зависимости от времени их действия  $t$  и глубины проникновения температурной волны в металлическую поверхность турбины (рис. 2).



**Рис. 2.** Зависимость тепловых потоков, вызывающих напряжения сжатия кварцевого пористого покрытия ( $\varepsilon = 5\%$ ) в зависимости от времени действия для различной толщины отрывающихся частиц или глубины проникновения тепловой волны  $\delta$ : I- напряжения растяжения, достаточные для разрушения;  
 II- оплавление поверхности;  
 I'-медь,  $\delta=0,1 \times 10^{-3}$ ;  
 II'-нержавеющая сталь,  $\delta=0,1 \times 10^{-3}$ м  
 Кривые II' и II'' для меди и стали почти совпадают с кривой I в области  $t=(0.01-0.1)$  с.

Из рис. 2 видно, что интервал времени, отвечающий взрывному появлению паровых пузырей ( $t=10^{-8}-10^{-4}$ ), характеризуется инвариантностью величины  $q$  по времени  $t$ , независимо от глубины проникновения температурной волны  $h$  ( $\delta$ ). Процесс зарождения паровых зародышей в этом интервале времени является релаксационным, т.е.выравнивающимся, и описывает индивидуальный пузырь (микропроцесс). Дальнейший рост пузыря ( $t>10^{-4}$ с) характеризуется сменой этих зависимостей на

кривые гиперболического типа в координатах  $(q, t)$ , независимо от величины  $\delta$ , а процесс описывается макропараметрами (среднеинтегральными величинами  $\bar{q}$  и  $\bar{\alpha}$ ).

При условии разрушения кварцевого пористого покрытия (пористость  $\varepsilon = 5\%$ ) только сжатием получен ряд кривых с определенной толщиной отрывающихся частиц размером до  $(0,25-0,3)10^{-2}$  м, что подтверждено экспериментом, полученным в результате скоростной киносъемки СКС-1М [7, 11].

Участки кривых сжатия, определяющие отрыв частиц с толщиной  $\delta > 0,3 \cdot 10^{-3}$  м для больших тепловых потоков и малых  $t$ , экранируются кривой плавления II, а в случае малых тепловых потоков и значительных интервалов времени – кривой растяжения I.

На рис. 2 также показан случай, когда пористое покрытие служит системой охлаждения высокотемпературных деталей газовых турбин. Высокая температура газового потока может привести к оплавлению поверхности ротора и статора, если будет нарушена работоспособность системы охлаждения (кривая II- для кварцевого пористого покрытия и кривые II' и II'' для меди и нержавеющей стали при  $\delta = 0,1 \cdot 10^{-3}$  м).

Процессы оплавления поверхности деталей паровых турбин могут происходить вследствие задевания ротора о статор. Работа трения превращается в теплоту, наблюдаются искры даже в машинном зале электростанции и возникает оплавление поверхностей. Следовательно, возникают столь внушительные тепловые потоки, которые приводят к разрушению деталей турбины плавлением [7,8,12] (см. рис. 2), хотя, казалось бы, температура свежего пара в ПТУ не более  $565^{\circ}\text{C}$  и не приведет к оплавлению металла.

В установках с газовым циклом (ГТУ, ПГУ) температура рабочих газов столь велика, что может также вызвать оплавление поверхности деталей (сопла, лопатки, камеры сгорания).

Кроме того, рис. 2 может описывать некоторые процессы, связанные с прогревом газом шпилек паровых турбин при их затяжке, оплавление металла труб, находящихся в топочной камере и горизонтальном газоходе котельного агрегата [9].

При возникновении взрывов паровых пузырей (либо их схлопывании, либо конденсации пара, особенно капельной) в момент пуска (останова) турбины, могут также иметь место столь внушительные тепловые нагрузки, которые показаны на рис. 2 [7, 10]. Действительно, в момент рождения парового пузыря (или капли конденсата) коэффициенты теплообмена могут достигать до  $100\ 000\ \text{Вт}/\text{м}^2\text{K}$  (особенно при капельной конденсации пара). Для ПТУ температура свежего пара не превышает  $565^{\circ}\text{C}$ , однако разность температур между паром и стенкой турбиной детали может составить  $500^{\circ}\text{C}$ . Тогда удельные тепловые потоки, действующие в основании центра генерации пара (зона «сухого» пятна) составят порядка  $5 \cdot 10^7\ \text{Вт}/\text{м}^2$ . Если учесть, что индивидуальный паровой пузырь, который является основным фактором концентрации напряжений в углублениях (кавернах) поверхности деталей, способен генерировать удельные тепловые потоки выше на порядок и более раз [11], то итоговый тепловой поток составит величину  $5 \cdot 10^8\ \text{Вт}/\text{м}^2$ . Именно такие значения  $q$  и представлены на рис. 2 [12].

Итак, при пусках и остановках паровых (а в более общем случае и газовых) турбин, появившийся спонтанно (взрывообразно) в концентраторе напряжения пузырь или иное инородное включение на поверхности ротора и статора может развивать в своем основании (в окрестности «сухого» пятна) весьма высокие удельные тепловые потоки, которые в начальный момент времени будут инвариантны по времени их действия, независимо от глубины проникновения температурной волны. По мере роста пузыря закон изменения  $q=f(t)$  носит гиперболический характер. В определенные промежутки времени могут возникать разрушительные напряжения сжатия. По мере дальнейшего развития пузырей происходит разрушение капиллярных низкотемпературных покрытий как естественного, так и искусственного происхождения. Развивающаяся трещина от совместного действия нескольких явлений (удара, кавитации и коррозии) приводит к эрозионным явлениям и разрушению элементов ротора и статора. Чем больше глубина проникновения тепловой волны или размер разрушающихся частиц пористого покрытия, тем потребуется больше времени для разрушения деталей. По мере набора турбиной нагрузки она входит в номинальный (или переменный) режим работы, тепловые потоки на поверхности турбины стабилизируются (выравниваются) и приобретают среднеинтегральные расчетные величины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Плоткин Е. Р., Трубилов М. А. К вопросу о пуске паровых турбин паром номинальных и скользящих параметров. – «Теплоэнергетика», 1963, № 9, с. 6–8.
2. Третьяков П. Г. Определение коэффициента теплоотдачи в турбинах по данным замеров. – «Теплоэнергетика», 1967, № 4, с. 48–52.
3. Капелович Б. Э. Эксплуатация паротурбинных установок. М., «Энергия», 1975. 288 с. с ил.
4. Влияние режимов пуска на коробление цилиндров турбины ЛМЗ типа К-200-130. – «Теплоэнергетика», 1968, № 12, с. 6–13. Авт.: М. А. Трубилов, А.В.Шварц, Б. П. Карпов, Б. Г. Солнышкин.
5. Трухний А.Д., Ломакин Б.В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки. – М.: МЭИ, 2002. – 540с.
6. Костюк А. Г., Фролов В. В., Булкин А. Е., Трухний А. Д. Паровые и газовые турбины для электростанций. – М.:МЭИ, 2008. –556с.
7. Поляев В. М. Генбач А. Н., Генбач А. А. Предельное состояние поверхности при термическом воздействии//ТВТ. –1991. –Т.29, №5. – С.932–934.
8. Генбач А. А., Генбач Н. А. Применение капиллярно-пористых систем в тепловых энергетических установках электростанций//Вестник АУЭС.-2011. –№3(14).-с. 4–11.
9. Генбач А. А., Бурмистров А. В. Исследование теплового состояния цилиндров паровых турбин//Промышленность Казахстана. –2011. – №2(65). –С. 91–93.
10. Поляев В. М. Генбач А. А. Скорость роста паровых пузырей в пористых структурах//Известия вузов. Машиностроение.-1990.-№10. – С.61–65.
11. V. Polyayev, A. Genbach, A. Genbach. Control of Heat Transfer in a Porous Cooling System// Second world Conference on experimental heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics. Dubrovnik, Yugoslavia, (23–28 June),1991.- P.639-644.
12. Генбач А. А., Жамбыл Г. Ж. Расчет переходных процессов паровой турбины // Поиск. –2012. –№4(2). – С. 91-95.

Генбач А. А., Жамбыл Г. Ж.

**Электростанциялардың турбинасының ауыспалы режиміндегі шектік жылу тасқындары.**

**Түйіндеме.** Бу турбинаның ауыспалы режимінің мәселелері қарастырылды. Кернеудің концентраторларында белсенді бу фазасы пайда болған тетігі зерттелінген. Жарылып шыққан торсықтар турбинаның бөлшектерін эрозияға әкелгені көрсетілген. Әрекет уақытының және жылу толқындары металл бетінде қандай терендікке кіргене тәуелді, турбина бөлшектерінің күйзеліске әкелетін жылу жүктемелері зерттелген. Турбина бөлшектерінің бетінде пайда болатын жылу жүктемелерімен және оның әрекетінің уақытында бу фазаның белсенді қолданыстағы орталығының маңайында түрлі жасанды борпылдақ жабындының өлшемдері тағайындалған.

Генбач А. А., Жамбыл Г. Ж.

**Предельные тепловые потоки при переходных режимах турбин электростанций.**

**Резюме.** Рассмотрели проблемы переходных режимов работы паровых турбин, Исследован механизм возникновения в концентраторах напряжений активной паровой фазы. Показано, что взрывообразное (спонтанное) возникновение пузыря приводит к эрозии элементов турбины. Исследованы тепловые нагрузки, приводящие к разрушению деталей турбины в зависимости от времени их действия и глубины проникновения тепловой волны в металлическую поверхность. Определены размеры разрушающихся различных искусственных пористых покрытий, образующихся на поверхности деталей турбин в зависимости от тепловых нагрузок и времени их действия в окрестности активно действующего центра паровой фазы.

Genbach A., Zhambyl G.

**Limit heat fluxes with transients turbine power plants.**

**Summary.** Examined the problems of transition modes of steam turbines. The mechanism of the occurrence of a stress concentrator active vapor phase. It is shown that The explosive (spontaneous) appearance bladder leads to the erosion of turbine elements. Investigated thermal stresses lead to the destruction of turbine parts, depending on the time of the action and the depth of penetration of the thermal wave in the metal surface. The sizes of collapsing different artificial porous coating formed on the surface of turbine parts, depending on the heat load and the time of their action in the vicinity of active center vapor.

УДК 622.243.94.(088.8)

**А.А. Генбач, Ф.А. Исламов**

(Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Республика Казахстан)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИСОПЛОВОЙ ГАЛТЕЛИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ**

В энергетических установках аварийные ситуации часто возникают в местах различных концентраторов напряжений. Это зоны, где происходит увеличение напряжений в малых областях, прилегающих к местам с резким изменением формы поверхности тела, его сечения или с локализованной неоднородностью материала внутри тела. Концентраторами напряжений могут быть надрезы, выточки, выбоины, полости, усадочные раковины, трещины, инородные включения, царапины. Они являются причиной разрушения тела, т.к. снижают сопротивление тела ударным и тепловым нагрузкам. При удалении от концентратора напряжения быстро убывают. Для количественной оценки вводится понятие "номинального напряжения", которое было бы при тех же нагрузках в теле без концентратора напряжений. Распределение напряжений при наличии концентратора напряжений определяется методами теории упругости и пластичности, а также экспериментально (тензометрированием, методом лаковых покрытий, поляризационно-оптическим методом, голографией)[1].

Концентраторы напряжений являются причиной возникновения и развития усталостных трещин в турбинах электростанций, а также статического разрушения деталей из хрупких материалов. В настоящее время эффективны исследования концентраторов напряжений в пространстве. Для этого полезен способ голографической интерферометрии, позволяющий проводить исследования методом деформаций[1].

Сопловые аппараты энергоустановок подвергаются малоцикловой термической усталости, большим статическим и динамическим нагрузкам, высокой температуре газового потока. Поэтому происходит износ и истирание, коррозионная усталость, склонность к коррозионному и эрозионному растрескиванию.

Растрескивание напряженного металла сопла можно рассматривать как процесс, состоящий из нескольких стадий: начальной, когда разрушение идет только в одной микрообласти, и последующих стадий, во время которых происходит углубление начального микроразрушения, приводящего к мгновенному разрушению металла (сплава).

Концентраторы напряжений типа галтелей вызывают неравномерное распределение напряжений и деформаций при нагружении – разгрузке. В отдельных участках элемента могут возникать пластические деформации. В результате этого после разгрузки в окрестности концентратора возможно возникновение полей остаточных напряжений, отличающихся от таковых при нагружении. Причем, в зонах, где возникли пластические деформации при нагружении, реализуются напряжения сжатия, хотя их величина в нормальных условиях не представляет опасности по сравнению с напряжениями растяжения.

Особенно тяжелые условия работы в газотурбинных установках возникают в соплах, работающих в режиме детонационного горения [2,3]. Укороченная диффузионная часть сопла снабжается галтелью, выполненной в виде дугообразного устройства (прилива), причем, последний содержит на внешней поверхности капиллярно-пористое покрытие, сообщенное с охлаждающим трактом.

Приведем экспериментальные данные по теплообмену в зоне критического сечения сопла Лаваля, выполненного традиционно с приливом, предсопловой галтелью, снабженных капиллярно-пористым покрытием.

Таблица 1. Экспериментальные исследования теплообмена по охлаждению камеры сгорания и сопла

1	Тепловая нагрузка $q_{ст}, \times 10^5, \frac{Вт}{м^2}$	7	11	15
2	Коэффициент теплоотдачи $\alpha, \times 10^5, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ Прототип по [2]	5,57	9,58	12,7

3	Коэффициент теплоотдачи $\alpha^I, \times 10^5, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ покрытие вида 0,08x0,14x1	7,53	15,6	18,3
4	Коэффициент теплоотдачи $\alpha^{II}, \times 10^5, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ Покрывтие вида 1x1x1	7,27	14,1	16,1
5	Коэффициент теплоотдачи $\alpha^{III}, \times 10^5, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$ Покрывтие вида 0,4x0,14x0,08	6,93	12,8	14,3

Опыты проводились на горелке, выполненной по модели TP-14/22-5[1] (прототип), работающей на кислородно-керосиновой смеси, и на горелке, в которой зона критического сечения сопла Лавале оформлена конструктивно в виде прилива и предсопловой галтели, снабженных капиллярно-пористым покрытием.

В таблице 1 приняты обозначения:

$q_{ст}$  – тепловая нагрузка, приходящаяся в стенку сопла Лавале;

$\alpha$  – коэффициент теплообмена со стороны охладителя для конструкции прототипа;

$\alpha^I, \alpha^{II}, \alpha^{III}$  – коэффициенты теплообмена со стороны охладителя для предлагаемой системы, причем, капиллярно-пористое покрытие имело вид 0,08x0,14x1; 1x1x1; 0,4x0,14x0,08, соответственно.

Капиллярно-пористое покрытие вида 0,08x0,14x1 означает, что оно собрано из трех слоев металлических сеток, установленных последовательно с размером ячеек, соответственно:  $0,08 \cdot 10^{-3}$  м;  $0,14 \cdot 10^{-3}$  м;  $1 \cdot 10^{-3}$  м, причем, сетка 0,08 с наименьшим размером примыкает к поверхности прилива и предсопловой галтели.

Как видно из таблицы 1, предлагаемая система охлаждения имеет лучшие характеристики по теплообмену, причем, наибольшая интенсивность теплообмена достигнута для покрытия 0,08x0,14x1 и превысила величину  $\alpha$  по сравнению с прототипом примерно в 1,5 раза.

В эксперименте сетки с ячейками менее  $0,08 \cdot 10^{-3}$  м не рассматривались, так как они ухудшают форсировку процесса теплообмена за счет возможных локальных образований легкой фазы и создают дополнительное высокое гидравлическое сопротивление. Большие размеры ячеек ( $1 \cdot 10^{-3}$  м) определены из условия капиллярного впитывания охладителя, которое обеспечивает самоприспосабливаемость, управляемость процессом и создает равномерную устойчивую пульсирующую пленку жидкости на теплоотводящей поверхности горелки.

Выполнение укороченной части сопла Лавале в виде прилива, то есть выступа (или пояска), образующего утолщение, позволяет существенно увеличить теплоаккумулирующую способность сопла, определяемую произведением трех величин:  $\rho \cdot c \cdot \lambda$ . Здесь принято:  $\rho$  – плотность,  $c$  – теплоемкость,  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности металла прилива соответственно. Учитывая, что в качестве металла применяется медь, ее теплоаккумулирующая способность будет наибольшей. Например,  $\lambda$  для меди в 20 раз больше, чем для нержавеющей стали. Как показали опыты, коэффициент теплообмена и критические отводящие тепловые потоки пропорциональны [2,3]:

$$\alpha^I \sim 1,5 \cdot \left[ 1 + \frac{(\rho \cdot c \cdot \lambda)_{ж}}{(\rho \cdot c \cdot \lambda)_{ст}} \right]^{-1} \text{ и } q_{кр} \sim 1,5 \cdot \left[ 1 + \frac{(\rho \cdot c \cdot \lambda)_{ж}}{(\rho \cdot c \cdot \lambda)_{ст}} \right]^{-1},$$

где индексы «ж», «ст» и «кр» означают, что величины относятся к жидкости, стенке и критическому состоянию, что предотвращает разрушение сопла Лавале, которое, как правило, является самым уязвимым местом горелки, и в подавляющем большинстве случаев разрушается первым. Тепловая защита сопла особенно актуальна в предаварийных ситуациях (локальное образование пузырей, мгновенное, даже кратковременное, прекращение подачи охладителя). Наличие капиллярно-пористого покрытия, как показали оптические методы исследования [1,3] (голографическая интерферометрия и скоростная киносъемка), позволяет создать весьма равномерную, устойчивую пульсирующую пленку охладителя на внешней поверхности сопла, выравнивая температурное поле в охлаждаемых стенках. Это достигается за счет совместного действия инерционных (сил давления) и капиллярных сил, причем, наибольший эффект имеет место для анизотропной сетчатой структуры вида 0,08x0,14x1 (см. таблицу 1). Оптимизированный нами вид структуры позволяет иметь высокую само-

приспосабливаюшуюся способность к переменным и максимальным тепловым нагрузкам, что управляет процессом теплообмена в номинальных и нештатных режимах.

В торцевой части прилива дополнительно выполняется предсопловая галтель в виде тепловой канавки (дугообразная пористая канавка). Она представляет собой выемку (глухое отверстие), где также установлено капиллярно-пористое покрытие вида 0,08x0,14x1, через которое протекает охладитель. Происходит дополнительное высокоинтенсивное охлаждение особо опасной теплонапряженной зоны, причем, тепловая канавка выполняет функцию компенсации термических удлинений в зоне сопла и снятия концентрации термических напряжений. В прототипе отсутствие такого технического решения приводило к малоциклового термической усталости металла сопла, невысокому ресурсу его работы, вплоть до разрушения.

Описанные технические решения позволили в 1,5 раза увеличить ресурс работы горелки, сократить расход охладителя в 4 раза (за счет того, что стало возможным увеличить в 4 раза нагрев воды, сохранив устойчивость пленки охладителя, и снизить расход энергии на привод электродвигателя в 4 раза).

Особо отметим, что ресурс работы горелки увеличивается за счет следующих обстоятельств: интенсификации теплообмена; расширения процесса отвода критических тепловых нагрузок; создания равномерного температурного поля в наиболее теплонагруженной зоне горелки (критического сечения сопла Лавалья); управления теплообменом при переменных, номинальных, форсированных и нештатных (экстремальных) режимах; снижения концентрации термических напряжений, что снимает усталостные явления (малоциклового термическую усталость материала конструкции) и исключает возникновение резкопеременных разрушающих нагрузок.

Рассчитаем термические напряжения в предсопловой галтели. Технология изготовления предсопловой галтели определяется из следующих расчетов.

Температурные напряжения  $\sigma$ , возникающие в корне галтели, равны:

$$\frac{\sigma}{\sigma_h} = 1 + \sqrt{\frac{h}{r}}$$

где  $\sigma_h$  – температурные напряжения на поверхности прилива сопла Лавалья при отсутствии галтели;

$h$  - глубина галтели;

$r$  - радиус скругления галтели.

Величина  $\sigma_h$  равна

$$\sigma_h = -\frac{2}{3} \cdot \frac{\alpha_T E}{1 - \mu} \Delta T,$$

где  $\alpha_T$  – коэффициент линейного расширения;

$E$  – модуль упругости;

$\mu$  - коэффициент поперечного сжатия;

$\Delta T$  – максимальная разность температур холодного и горячего прилива сопла.

Практически сопла Лавалья в горелках выполняются из нержавеющей стали и меди. Термомеханические свойства сведены в таблице 2.

Таблица 2. Термомеханические свойства материала сопел.

	$\sigma_s$ , МПа	$E$ , МПа	$\alpha, \frac{1}{K}$	$\mu$	$\Delta T, K$
Легированная сталь 20ХМЛ	310	$21 \cdot 10^4$	$11 \cdot 10^{-6}$	0,3	100
Медь М1	75	9,2	$16,5 \cdot 10^{-6}$	0,35	30

Определяем  $\sigma_h$  для стали и меди, соответственно:

$$\sigma_h^i = -\frac{2}{3} \cdot \frac{11 \cdot 10^{-6} \cdot 21 \cdot 10^4}{1 - 0,3} \cdot 100 = -200 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{н}}'' = -\frac{2}{3} \cdot \frac{16,5 \cdot 10^{-6} \cdot 9,2 \cdot 10^4}{1 - 0,35} \cdot 30 = -46,5 \text{ МПа.}$$

В таблице  $\sigma_{\text{з}}$  – пределе текучести.

$$\text{Тогда } \sqrt{\frac{h}{r}} \leq \frac{\sigma}{\sigma_{\text{з}}} - 1 \leq \frac{\sigma_{\text{з}}}{\sigma_{\text{н}}} - 1.$$

Отношение для стали и меди, соответственно:

$$\left(\frac{h}{r}\right)' \leq \left(\frac{310}{220} - 1\right)^2 = 0,168;$$

$$\left(\frac{h}{r}\right)'' \leq \left(\frac{75}{46,5} - 1\right)^2 = 0,375.$$

Следовательно, для стали и меди получаем:

$$h' \leq 0,17 \cdot r; h'' \leq 0,38 \cdot r.$$

С учетом условий эксплуатации, отношение  $\frac{h}{r}$  не должно превышать  $0,2 \pm 0,4$ , т.е. радиус скругления галтели должен быть в  $(2,5 \pm 5)$  раз больше ее глубины.

Таким образом, у сопла увеличивается срок службы за счет интенсификации теплопередачи, увеличения отводных тепловых нагрузок, выравнивания температурного поля в охлаждаемых стенках, повышения теплоаккумулирующей способности сопла и самоприспосабливающейся способности капиллярно-пористого покрытия, что особенно важно в момент возможных аварийных ситуаций. Компенсируются термические удлинения, снимаются концентрации термических напряжений, что исключает возникновение резкопеременных разрушающих нагрузок.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *V.M. Polayev, A.N. Genbach, A.A. Genbach / An experimental study of thermal stress in porous materials by methods of holography and photoelasticity // Experimental thermal and fluid science, crème of the Americas, New York, volum 5, number 6, november. – 1992. – p. 697-702*
2. *Поляев В.М., Генбач А.А. Пористое охлаждение камер сгорания и сверхзвуковых сопел// Тяжелое машиностроение, №7. – 1991. – с. 8-10.*
3. *Генбач А.А., Генбач Н.А. Охлаждение камеры сгорания и сопла при вынужденном течении недогретого охладителя в пористых структурах// Энергетика, телекоммуникации и высшее образование в современных условиях/ Труды 5-ой Международной НТК, Алматы, АИЭС. – 2006. – С. 55-58.*

Генбач А.А., Исламов Ф.А.

#### **Энергетикалық қондырғылардың қақпақ маны галтельді зерттеу.**

Энергоқондырғының қақпақ маны галтель түріндегі кернеу шоғырландырғышы зерттелді. Галтель Лавальдың дыбыстан жылдам қақпағының диффузорлық бөлігінің көтерілу үлгісінде доға тәрізді жасалды. Галтель түрі тәжірибелі оңтайландырылған капиллярлы-кеуек құрылыммен қапталған. Қақпақтың жылушоғырландырғыш қасиеті ескерілді. Галтельдің ішіндегі жылу кернеулері есептелді және де оның геометриялық сипаттамасы анықталды.

Генбач А.А., Исламов Ф.А.

#### **Исследование присопловой галтели в энергетических установках.**

Исследован концентратор напряжения в виде присопловой галтели энергоустановки. Галтель выполнена дугообразной типа прилива диффузорной части сверхзвукового сопла Лавалья. Галтель покрыта капиллярно-пористой структурой, вид которой оптимизирован экспериментально. Учтена теплоаккумулирующая способность сопла. Рассчитаны термические напряжения в галтели и определены ее геометрические характеристики.

Genbach A.A., Islamov F.A.

#### **Research the nozzle fillet in power installations.**

The concentrator of tension in the form of the nozzle fillet of power installation is investigated. Fillet is executed by the bow-shaped lug of diffuzorny part of supersonic nozzle Laval. Fillet is covered with the capillary and porous structure which sight is optimized experimentally. It is considered heat-sink ability of a nozzle. Thermal tension is calculated in fillet its geometrical characteristics also are defined.

Heataccumulating ability of nozzle is considered. Thermal tensions in fillet are calculated and their geometrical characteristics are also defined.

УДК 621.2.082.18

**М.К. Скаков, Л.Б. Баятанова**(Восточно-Казахстанский государственный технический университет  
имени Д.Серикбаева, Усть-Каменогорск, Республика Казахстан)**ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ И МИКРОТВЕРДОСТИ  
ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СТАЛИ 18ХНЗМА-Ш ПОСЛЕ НИТРОЦЕМЕНТАЦИИ В  
ПЛАЗМЕ ЭЛЕКТРОЛИТА**

**Аннотация.** Исследовано влияние различных режимов нитроцементации в электролитной плазме на структуру, морфологию, фазовый состав, а также на микротвердость образцов низкоуглеродистой стали 18ХНЗМА-Ш. Показано, что результатом электролитно-плазменной нитроцементации является: формирование упрочненных модифицированных слоев, увеличение поверхностной микротвердости образцов стали 18ХНЗМА-Ш. Показана возможность применения и оптимизирован режим электролитно-плазменной нитроцементации, заключающейся в нагреве образцов стали до 850 °С с выдержкой при этой температуре в течение 3-7 мин. При подаче напряжения порядка 180-220 В формируется плазменная оболочка, обеспечивающая образование активных ионов углерода, азота и ускоренную их диффузию вглубь обрабатываемого материала. Короткое время обработки при нитроцементации объясняется действиями разряда электролитной плазмы, образованием сверхравновесной концентрации ионов высоких энергий, активно взаимодействующих с поверхностью. Наблюдаемые эффекты могут быть объяснены с позиции химико-термических явлений – формированием модифицированных поверхностных слоев стали и образованием частиц упрочняющих фаз.

**Ключевые слова:** электролитная плазма, нитроцементация, сталь, модифицированный слой, упрочняющие фазы

Как известно, одним из перспективных методов химико-термической обработки, получившим уже довольно широкое распространение в различных отраслях, является электролитно-плазменный метод обработки (ЭПО) поверхности металлических изделий в водных растворах солей [1]. Данная технология удовлетворяет современным техническим, экономическим, экологическим и социальным требованиям. Вокруг обрабатываемого изделия образуется тонкая (50-100 мкм) паро-плазменная оболочка, в которой протекает сложный комплекс физико-химических процессов (пленочное кипение в электрическом поле, теплоперенос, ионизация паров, движение электрических зарядов). Газовая оболочка обладает проводимостью, поскольку в результате электролитических процессов в приэлектродной области, она насыщается ионами водорода, растворенных солей и металлов [1].

Исследования химического и фазового состава поверхности деталей, обработанных в электролитной плазме, показали, что при 0 в элементами, содержащимися в составе электролита [2]. Изменяя состав электролита, можно проводить цементацию, азотирование, нитроцементацию, сульфидирование, борирование, карбидизацию и другие типы модификации с большими скоростями (10-100 мкм/мин), значительно превышающими характерные скорости соответствующих классических термических, газофазных и электролитических процессов.

Электролитно-плазменная нитроцементация (ЭПН) представляет собой разновидность электрохимико-термической обработки металлов и сплавов. Данный процесс сопровождается насыщением поверхности обрабатываемых деталей азотом и углеродом с последующим изменением фазового состава и структуры материала [3].

Вместе с тем, до настоящего времени остается актуальной задача оптимизации состава электролита и условий нитроцементации, а также изучение механизмов массопереноса азота и углерода в поверхностные слои материала из электролита.

Целью данной работы является изучение влияния электролитно-плазменной нитроцементации на фазовый состав, структуру и микротвердость поверхностных слоев малоуглеродистой стали 18ХНЗМА-Ш.

Нитроцементации в электролитной плазме подвергались образцы из низкоуглеродистой стали 18ХНЗМА-Ш (0,16-0,18%С; 3,3%Ni; 0,9%Cr; 0,51%Mo; 0,44%Mn; 0,34%Si; 0,05%Al; 0,008%S; 0,012%P; 0,015%N; 0,01%O; 0,01%Н. ГОСТ 4543-71). Сталь 18ХНЗМА-Ш используется в качестве материала подшипникового узла бурового долота. В качестве электролита использовали водный раствор карбоната натрия (10 %), карбамида (20 %) и глицерина (10 %). Температура нагрева образцов 850 °С, время выдержки при этой температуре 3, 5 и 7 минут.

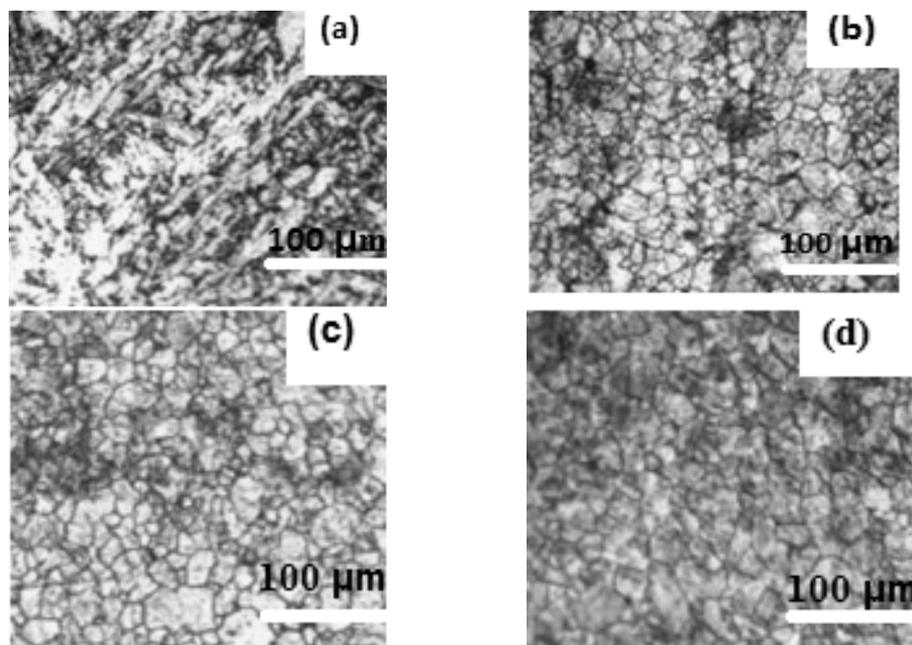
Металлографический анализ проводили на оптическом микроскопе «ALTA MI MET 1M» и растровом электронном микроскопе JSM-6390LV, оснащенным приставкой энергодисперсионного анализа. Исследование фазового состава и структурных параметров образцов стали 18ХНЗМА-Ш проводили на дифрактометре XRD-6000 на  $\text{CuK}_\alpha$ -излучении. Микротвердость поверхностных слоев образцов до и после обработки измеряли методом вдавливания алмазного индентора на приборе ПМТ-3М по методу Виккерса при нагрузке 100 г и выдержке под нагрузкой 10 с в соответствии с ГОСТ 9450–76.

Обработку образцов стали 18ХНЗМА-Ш электролитно-плазменным методом в углеродо- и азотосодержащем электролите осуществляли на полупромышленной технологической установке, описанной в работах [3,4].

В основе принципа действия установки лежит электролитно-плазменная технология нагрева поверхности изделия и закалки [5]. Эта технология уникальна по своим возможностям изменять свойства поверхности изделий. В электролитно-плазменной технологии передача электрической энергии к изделию осуществляется от металлического анода через слой электролита и плазмы. Плазменный слой формируется из материала электролита в зазоре между жидким электродом и электропроводной поверхностью изделия. В качестве жидкого электрода используют электролит на водной основе. Соответствующий выбор состава электролита и электрических режимов обеспечивает большое многообразие технологий обработки.

Обработку производили путем нагрева поверхности образцов стали до температуры 850°C, за счет электрического потенциала в слое плазмы, создаваемого между жидким электродом (электролитом) и поверхностью катода (образец). Время насыщения 3-7 мин.

В ходе анализа экспериментальных результатов были обнаружены значительные фазовые и структурные изменения. Исходный образец (рисунок 1 а) имеет ферритно-перлитную структуру. Видно, что мелкодисперсные включения легирующих элементов распределены равномерно. Это характерно для структуры заготовки, полученной после электрошлакового переплава. После нитроцементации с малым временем выдержки и последующей закалки, поверхность стали имеет мелкозернистую структуру, поскольку мартенситное превращение не протекает до конца, и в стали остаются продукты распада. Дисперсные включения нерастворимых карбидов и нитридов образуются от ионизированных газов в плазменном слое. В водном растворе электролита при протекании электрического тока образуются заряженные ионы углерода и азота, которые диффундируют и модифицируют поверхностный слой стали [6].

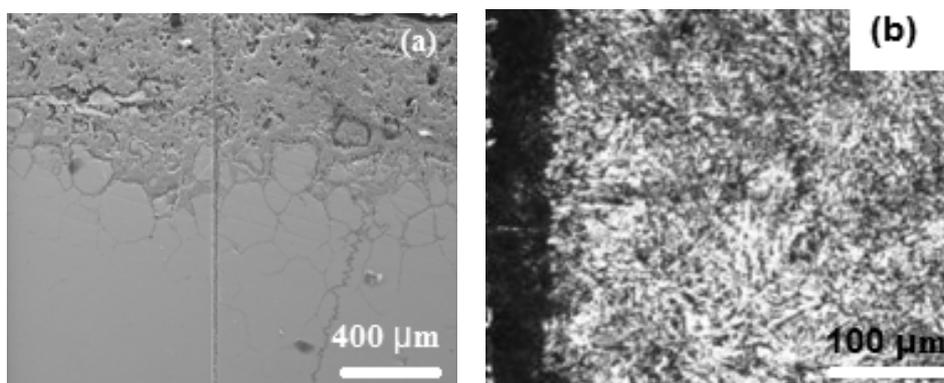


**Рис. 1.** Микроструктура поверхности стали 18ХНЗМА-Ш (а) – до (исходный) и после электролитно-плазменной нитроцементации при температуре 850 °С: 3 мин – (b), 5 мин –(c), 7 мин - (d)



Микроструктура диффузионного слоя стали 18ХНЗМА-Ш показана на рисунке 3 а. Видно, что на поверхности нитроцементованных образцов стали 18ХНЗМА-Ш формируется карбонитридная зона. Слой распределен по всей нагреваемой поверхности стали равномерно. Структуру нитроцементованного слоя стали 18ХНЗМА-Ш (рис. 3 б) можно условно разделить на три зоны. В первой зоне наряду с остаточным аустенитом образуется большое количество карбонитридов. При продвижении вглубь слоя происходит уменьшение количества и размеров карбидных и нитридных частиц. В третьей зоне, по-видимому, в связи с уменьшением концентрации углерода и азота, количество остаточного аустенита снижается. В структуре слоя появляется крупноиглочатый мартенсит, плавно переходящий в перлитно-ферритную структуру основы.

Обработка стали 18ХНЗМА-Ш нитроцементацией дает на поверхности слой, имеющий гексагональную структуру, присущую нитриду железа  $Fe_2N$  и карбиду железа  $Fe_2_3C$  - карбонитридная фаза  $Fe_{2_3}(N, C)$  (рис.3, а,б). Размеры слоя - фазы  $Fe_{2_3}(N, C)$  зависят от температуры процесса и длительности насыщения.



**Рис. 3.** Строение нитроцементованного поверхностного слоя стали 18ХНЗМА-Ш

Микротвердость поверхности стали в исходном состоянии составляет 2700 МПа. После электролитно-плазменной нитроцементации при температуре 850° С с выдержкой в течение 3 мин микротвердость увеличивается до 7933 МПа. При дальнейшем увеличении времени выдержки микротвердость также растет, а с увеличением длительности обработки до 7 мин микротвердость уменьшается. Снижение микротвердости при увеличении времени выдержки до 7 мин связано с образованием в структуре стали остаточного аустенита [7].

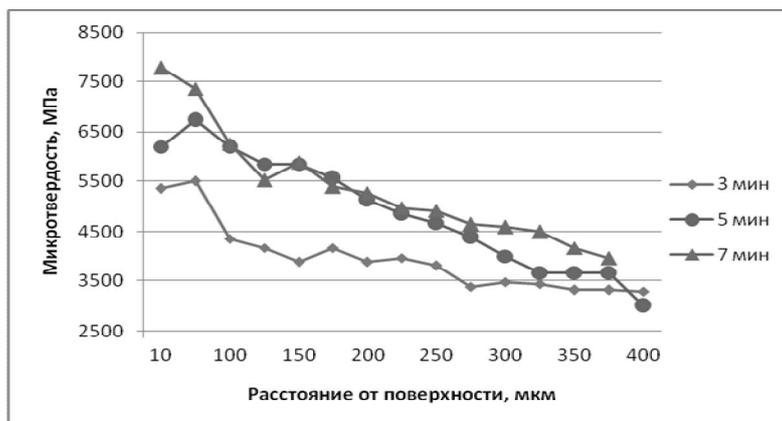
Результаты измерения микротвердости поверхности обработанных образцов, которые приведены в таблице 1, свидетельствуют о ее повышении относительно основы, и равномерном распределении по обработанной поверхности. Увеличение микротвердости в 2-3,5 раза относительно исходного значения свидетельствует о повышении прочности после обработки нитроцементацией в электролитной плазме.

**Таблица 1. Значения поверхностной микротвердости стали 18ХНЗМА-Ш при разных режимах ЭПН.**

Сталь 18ХНЗМА-Ш	Температура нагрева, °С	Время обработки, мин	Микротвердость поверхности, МПа
Образец №1	850	3	7933
Образец №2		5	8414
Образец №3		7	7415

На рис. 4 представлена зависимость микротвердости от глубины модифицированного слоя стали при разных временах выдержки. Как видно из рисунка, наибольший прирост микротвердости наблюдается при выдержке в течение 5 мин., которая находится вблизи поверхности на глубине около 10 мкм. А на глубинах свыше 100 мкм значение микротвердости при всех временах выдержки снижается.

ется. Таким образом, толщина упрочненного модифицированного нитроцементацией поверхностного слоя стали в общем не превышает 400 мкм.



**Рис. 4.** Распределение микротвердости по глубине нитроцементованного поверхностного слоя стали 18ХНЗМА-Ш в зависимости от времени выдержки ЭПО

Таким образом, на основе анализа полученных результатов исследований были сделаны следующие выводы:

– Выявлена структура поверхностного модифицированного слоя низкоуглеродистой стали после ее нитроцементации в электролитной плазме, которая содержит наружный нитроцементованный слой и внутренний диффузионный слой с повышенной концентрацией углерода;

– Обнаружено, что при нитроцементации стали 18ХНЗМА-Ш в поверхностных слоях формируется азотистый мартенсит, обладающий высокой устойчивостью в области диффузионных превращений, а также остаточный аустенит, нитриды и карбиды железа;

– Установлено, что в результате нитроцементации в электролитной плазме происходит значительное увеличение микротвердости поверхностных слоев стали 18ХНЗМА-Ш (2 – 3,5 раза);

– Изучено влияние температуры и продолжительности нитроцементации на структурные характеристики модифицированного слоя. Определен оптимальный режим нитроцементации в электролитной плазме (850<sup>0</sup>С, 5 мин);

– Предложен состав электролита (10 % карбоната натрия, 15 % карбамида и 10 % глицерина) для нитроцементации в электролитной плазме, позволяющий формировать упрочненные слои толщиной до 400 мкм.

Настоящая работа выполнена в соответствии с календарным планом Договора №475/189-209-11 с АО «Национальное агентство по технологическому развитию» РК по теме «Инновационная технология электролитно-плазменной обработки материала подшипникового узла бурового инструмента» от 23.12.2011 года.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Суминов И.В., Белкин П.Н. и др. Мир материалов и технологий. Плазменно-электролитическое модифицирование поверхности металлов и сплавов. - М.: Техносфера, 2011. - Т.1. 464 с.
2. A.L. Yerokhin, X. Nie, A. Leyland, A. Matthews, S.J. Dowey. Plasma electrolysis for surface engineering // Surface and Coatings Technology. – 1999. - Vol.122, pp.73–93.
3. Патент на полезную модель Республики Казахстан, МПК8 C25F 7/00. Установка электролитно-плазменной обработки / Скаков М.К., Веригин А.А., Фурсов А.В., Парунин С.В., Сапатаев Е.Е., Курбанбеков Ш.Р.; заявитель ВКГТУ им.Д.Серикбаева. - № 878; заявл. 31.01.2012; опубл. 15.11.12, Бюл. № 11.
4. Заключение о выдаче инновационного патента на изобретение №2856 от 11.02.2013, приоритет от 10.05.2012 г. Способ поверхностного упрочнения подшипниковой дорожки бурового инструмента / Скаков М.К., Баятанова Л.Б., Курбанбеков Ш.Р., Сапатаев Е.Е., Рахадиллов Б.К.
5. М.К. Skakov, L.B. Bayatanova, M. Scheffler. The drilling tool electrolyte-plasma material hardening technology planning and research // матер. 7<sup>-го</sup> Международного Форума по Стратегической Технологии (IFOST 2012), ТПУ, - г.Томск, 18-21 сентября 2012г, - С.198-201.

6. *M.K. Skakov, L.B. Bayatanova, M. Sheffler.* Surface Hardening of 18CrNi3MoA-SH Steel with Heating in Electrolytic Plasma // *Key Engineering Materials.* – 2013. - Vols. 531-532. - P.242-245.
7. *M.K. Skakov, L.B. Bayatanova, M. Sheffler.* Changes of Structural-Phase Condition In 18CrNi3MoA-Sh Steel After Elektrolyte-Plasma Processing // *Advanced Materials Research.* – 2013. - Vol. 601. P.74-78.

REFERENCES:

1. *Suminov I.V, Belkin P.N* etc. Mirk materialov and tehnologiy. Plazmenno-elektroliticheskoe modifitsirovanie poverhnosti metallov and splavov. - M: Tehnosfera, 2011. - Vol.1. 464.
2. *A.L. Yerokhin, X. Nie, A. Leyland, A. Matthews, S.J. Dowe.* Plasma electrolysis for surface engineering // *Surface and Coatings Technology.* – 1999. - Vol.122, P.73–93.
3. Patent of the Republic of Kazakhstan for utility model, MPK8 C25F 7/00. Ustanovka elektrolitno-plazmennoy obrabotki / Skakov M.K., Verigin A.A., Fursov A.V., Parunin S.V., Sapataev E.E., Kurbanbekov Sh.R.; applicant D.Serikbaev EKSTU.- № 878, appl. 31.01.2012, publ. 15.11.12, Bull. Number 11.
4. Conclusion on issue of innovation patents. Sposob poverhnostnogo uprochneniya podshipnikovoy dorozhki burovogo instrumenta / Skakov M.K., Bayatanova L.B., Kurbanbekov Sh.R., Sapataev E.E., Rahadilov B.K., application № 2012/0546.1 priority from 10.05.2012.
5. *M.K. Skakov, L.B. Bayatanova, M. Scheffler,* The drilling tool electrolyte-plasma material hardening technology planning and research // 7th International Forum on Strategic Technology (IFOST 2012), September 18-21, 2012, Tomk.
6. *M.K. Skakov, L.B. Bayatanova, M. Sheffler.* Surface Hardening of 18CrNi3MoA-SH Steel with Heating in Electrolytic Plasma // *Key Engineering Materials.* – 2013. - Vols. 531-532. - P.242-245.
7. *M.K. Skakov, L.B. Bayatanova, M. Sheffler.* Changes of Structural-Phase Condition In 18CrNi3MoA-Sh Steel After Elektrolyte-Plasma Processing // *Advanced Materials Research.* – 2013. - Vol. 601. P.74-78.

Скаков М.К., Баятанова Л.Б.

**18ХНЗМА-Ш болтатының электролиттік плазмада нитроцементациялаудан кейінгі беткі қабаттарының құрылымды-фазалық күйі мен микроқаттылығының өзгеруі**

**Түйіндеме.** Берілген мақалада нитроцементация температурасы мен өңдеу ұзақтығының түрлендірілген қабаттың құрылымдық сипаттамаларына әсері зерттелген. Электролиттік плазмада нитроцементациялаудың тиімді режимі анықталды (850<sup>0</sup>С, 5 мин). Электролиттік плазмада нитроцементациялаудан кейінгі көміртекті болаттың жоғарғы концентрациялы көміртекті сыртқы нитроцементацияланған қабат пен ішкі диффузиялық қабаттан тұратын беттік түрлендірілген қабаттың құрылымы анықталды. 18ХНЗМА-Ш болатын нитроцементациялау кезінде бетінде диффузиялық түрлену аумағында жоғарғы төзімділікке ие азотты мартенсит, сонымен қатар қалдық аустенит, темір нитридтері мен карбидтері түзіледі. Микроқаттылығы жоғары, қалыңдығы 400 мкм дейінгі беріктелеген беттік қабаттар алуға мүмкіндік беретін электролиттік плазмада нитроцементациялау үшін электролит құрамы (10 % натрий карбонаты, 15 % карбамид және 10 % глицерин) ұсынылған.

**Түйін сөздер:** электролиттік плазма, нитроцементациялау, болат, түрлендірілген қабат, беріктендіргіш фазалар.

Скаков М.К., Баятанова Л.Б.

**Изменения структурно-фазового состояния и микротвердости поверхностных слоев стали 18ХНЗМА-Ш после нитроцементации в плазме электролита**

**Резюме.** Изучено влияние температуры и продолжительности нитроцементации на структурные характеристики модифицированного слоя. Определен оптимальный режим нитроцементации в электролитной плазме (850<sup>0</sup>С, 5 мин). Выявлена структура поверхностного модифицированного слоя низкоуглеродистой стали после ее нитроцементации в электролитной плазме, которая содержит наружный нитроцементованный слой и внутренний диффузионный слой с повышенной концентрацией углерода. Обнаружено, что при нитроцементации стали 18ХНЗМА-Ш на поверхности формируется азотистый мартенсит, обладающий высокой устойчивостью в области диффузионных превращений, а также остаточный аустенит, нитриды и карбиды железа. Предложен состав электролита (10 % карбоната натрия, 15 % карбамида и 10 % глицерина) для нитроцементации в электролитной плазме, позволяющий формировать упрочненные поверхностные слои толщиной до 400 мкм, с повышенными значениями микротвердости.

**Ключевые слова:** электролитная плазма, нитроцементация, сталь, модифицированный слой, упрочняющие фазы.

Skakov M., Bayatanova L.

**Structural-phase state and microhardness changes of 18CrNi3Mo steel surface layers after carbonitriding in plasma electrolyte**

**Summary.** The temperature and duration effect of nitriding on structural characteristics of modified layer is studied. Optimal mode of carbonitriding in electrolyte plasma was defined (850<sup>0</sup>C, 5 min). After carbonitriding in electrolyte plasma structure is was revealed of low carbon steel surface modified layer which comprises outer nitrocarbonized layer and inner diffusion layer with high carbon concentration. Was found that when 18CrNi3Mo steel carbonitrided formed on surface nitrogen martensite, possessing high resistance in region of diffusion transformation and residual austenite, carbides and nitrides of iron. Proposed of electrolyte composition (water solution of 10% sodium carbonate, 15% urea and 10% glycerin) for carbonitriding in electrolyte plasma, allows forming hardened surface layers with thicknesses to 400 microns with high values of microhardness.

**Keywords:** electrolytic plasma, carbonitriding, steel, modified layer, strengthening phases.

УДК 004:656

**Р.С. Хасанова**

(Центрально-Азиатский университет, г. Алматы, Республика Казахстан)

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТА В РЕГИОНАХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

Реализация стратегии государственного транспортного развития даст положительный социально-экономический результат в развитии экономики Казахстана и окажет помощь для успешного воплощения в жизнь документов по программе индустриально-инновационного развития РК на 2003-2015 гг. и программы развития сельской местности на 2004-2015 гг. Будет сформирована транспортная система, которая сможет вывести на качественно новый уровень работу транспортной коммуникации. В развитии полезности транспортной системы рассмотрена возможность сделать ее конкурентоспособным элементом экономики Казахстана.

Стоит задача рассмотрения надежности и безопасности услуг транспорта для потребностей экономики и народа, а также уменьшения его экологической и технологической угрозы. Планируется на 2,5 раза уменьшить вред, наносимый окружающей среде транспортом.

Увеличение конкурентоспособности отечественных перевозок груза даст новые рабочие места в связанных с транспортом отраслях.

Уменьшение на 6,9% составляющей транспорта в цене услуг и конечного продукта повысить конкурентоспособность отечественного экспорта.

Ежегодно в республике возрастает объем грузооборота, осуществляемый автомобильным транспортом. Этому способствуют реализация Программы развития автодорожной отрасли, мероприятия по реабилитации и строительству автомобильных дорог Казахстана. Так, в настоящее время продолжаются работы по реконструкции автодорог «Бейнеу – Акжигит-граница Республики Узбекистан», «Риддер-граница Российской Федерации». Реабилитированы автодороги Западного Казахстана и «Алматы-Бишкек» за счет средств Европейского и Азиатского банков развития.

Несмотря на то, что железнодорожные перевозки с точки зрения транзита являются для Казахстана наиболее перспективными, поток автомобильного трансконтинентального транзитного груза является достаточно привлекательным. Например, китайская компания по строительству дорог и мостов China Road Bridge Corporation предлагает сейчас свои услуги по реконструкции казахстанского участка автомобильной дороги международного транспортного коридора «Юг–Запад». Этот коридор, по задумке, должен соединить Западную Европу и западный Китай, а казахстанский участок дороги – пройти через Алматы, Шымкент, Кызылорду и Актобе. Точнее, эта дорога и сейчас существует, но для скоростного международного транзита ее качество пока не подходит.

В настоящий момент ключевые международные автомобильные «ворота» находятся на китайской границе, в пограничном переходе Хоргос. Примечательно, что и здесь перевозчики, пользующиеся автомобильным транспортом, сталкиваются примерно с теми же проблемами, что и при железнодорожных перевозках на Достык–Алашанькоу, а в частности, с технической неоснащенностью таможенных постов, недостатком погрузочной техники и т.д.

Существенная проблема, характерная практически для всего Казахстана, – плохое состояние наших автомобильных дорог. Большинство трасс нуждается в реконструкции и ремонте. Например,

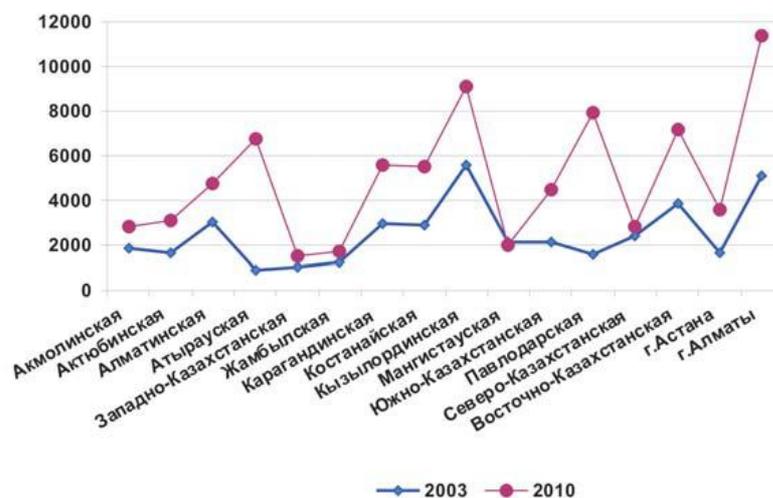
дорога в западном направлении от Алматы, через Кызылорду на Актау и Атырау, которая могла бы быть оптимальным маршрутом в Казахстан из Европы и России, на отрезке за Кызылордой находится в плачевном состоянии. Трансконтинентальный транзит, который требует скорости, качества и безопасности доставки грузов, по таким дорогам будет осложнен.

Если же говорить о сохранности грузов, то основная проблема заключается в возможности его повреждения.

До последних лет глобальные транспортные компании не концентрировались на казахстанском рынке, поэтому такой жесткой конкуренции, как в Европе и в мире, на транспортном рынке Казахстана нет, но с развитием транспортного комплекса, укреплением международных связей, ростом экономики конкуренция будет обостряться. С развитием нефтегазового сектора и активизацией планов Казахстана по развитию транспортной отрасли и повышению эффективности использования транзитного потенциала страны, интерес транспортных и логистических компаний к казахстанскому рынку растет. Если ранее крупные международные игроки считали необходимым иметь в Казахстане свое представительство или офис, то сейчас они изъявляют готовность инвестировать в инфраструктуру, развитие транспортных узлов, складских помещений, терминалов. Местные компании также наращивают обороты, укрепляют свои позиции, и те компании, которые хотят занять существенную долю рынка, уже сейчас задумываются о расширении своего бизнеса в Казахстане. Что же касается повышения транзитного потенциала, то, безусловно, у Казахстана есть перспективы, есть понимание вопроса и делаются определенные шаги, чтобы разрешить имеющиеся проблемы. Но, чтобы через Казахстан протянулись эффективно действующие транзитные коридоры, предстоит большая работа.

В Казахстане сети автомобильных дорог общего пользования в последние годы всеми видами ремонта было охвачено более 3 тыс. км. В отрасли внедрены системные меры по повышению качества ремонта и обеспечен 5-ступенчатый контроль его проведения.

Среднее расстояние перевозок возросло до 41 км против 32 км в 2000 г. Однако по областям республики процесс происходил крайне неравномерно, что определяется как разницей экономического потенциала регионов, участием в республиканском и международном разделении труда, так и обеспеченностью региона грузовым транспортом и инфраструктурой для его развития. (Данные МВД РК на 1 января 2010 г.).



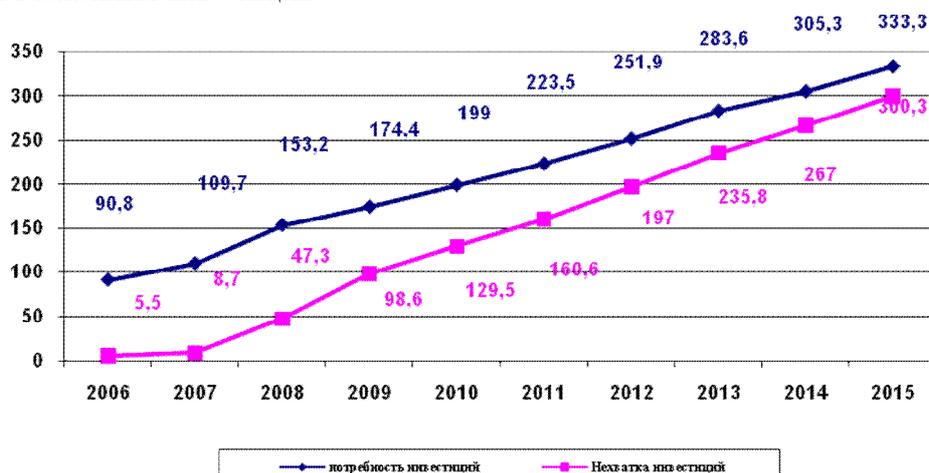
**Рис.1.** Динамика грузооборота автомобильного транспорта Казахстана в 2003-2010 гг., в млн. км.

*Источник:* данные Агентства РК по статистике.

Проведенный анализ охватывает и определяет проблему необходимости повышения эффективности использования грузовых автомобилей в условиях Республики Казахстана за счет интеграции и обеспечения комплексной информатизации производственных и транспортных процессов. Так, развитие рыночных отношений, предпринимательства, личных и экономических свобод граждан Казах-

стана привели к резкому увеличению количества транспортных единиц на улицах городов сельских населенных пунктов, на транспортных магистралях страны. В этих условиях требуется создание новых информационно-технологических систем, направленных на обеспечение безопасных перевозок грузов, а также на информационное обеспечение противодействия террористической и криминальной деятельности на транспорте.

Исследования, результаты которых представлены на рис.2, позволяют понять, что основные тенденции развития технологий спутниковой навигации транспорта в РК зависят от суммы и эффективности вложенных инвестиций.



**Рис.2.** Потребность в инвестициях для совершенствования инфраструктуры автомобильной отрасли Республики Казахстан.

Развитие транспортной инфраструктуры республики по состоянию на 1 января 2011 г., по данным Агентства РК по статистике, характеризуется следующими показателями: транспортная сеть общего пользования Казахстана состоит из 15 тыс. км железных дорог; 96 тыс. км автомобильных дорог; 4,1 тыс. км внутренних водных судоходных путей; 318,6 км троллейбусных и трамвайных путей; 20,2 тыс. км магистральных трубопроводов. Объем перевозок грузов всеми видами транспорта составил в 2010 году 2439,4 млн. тонн, что на 16% больше объема 2009 г. Перевозки пассажиров за 2010 г. увеличились на 11,7% и составили 13 186,5 млн. человек. Стоимость основных фондов транспортного комплекса составляет 11% общей стоимости основных фондов страны.

**Вывод.** Важным направлением инновационного развития и применения современных технологий в сфере автомобильного транспорта является информационное обеспечение транспортных процессов. Эффективность использования информационной системы – обеспечивает сокращение времени в пути, рационально распределяет нагрузку улично-дорожной сети города или пучка дорог, гармонизирует параметры транспортного потока, т.е. повышает динамическую пропускную способность участка.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Транспортная стратегия Республики Казахстан до 2015 года. Утверждена Указом Президента РК №86 от 11.04.2006 г.
2. Статистический сборник. Раздел транспорта./Агентство РК по статистике 2006-2010 гг., Алматы, 2011.-210 с.
3. Эксплуатация грузовых автомобилей и информационная система: учеб.пособие [Жанбирова Ж.Г., Камбарова А.А., Ибраев Ж.О.] - Алматы. «Нур-Принт», 2010. - 154 с.
4. Жанбирова Ж.Г. Автотранспортная логистика: учебник - Алматы. «Нур-Принт». 2010. -426 с.

Хасанова Р.С.

**Көліктің ақпараттық қамсыздандыруының сапасының көтермелеуі Қазақстан Республикасының аймақтарында.**

**Түйіндеме.** Инновациялық дамудың және қазіргі технологияның қолданысының маңызды бағытымен ара шеңбер автомобильдік көліктің транспорт үдерістің ақпараттық қамсыздандыруы болып табылады.

**Бұлақты сөздер:** автомобиль, ақпарат, ақпараттық қалып, өмірлік топтама, дерекқор.

Хасанова Р.С.

**Повышение качества информационного обеспечения транспорта в регионах Республики Казахстан.**

**Резюме.** Важным направлением инновационного развития и применения современных технологий в сфере автомобильного транспорта является информационное обеспечение транспортных процессов.

**Ключевые слова:** автомобиль, информация, информационная модель, жизненный цикл, база данных.

Khasanova R.

**Improving the quality of information provision of transport in the regions of the Republic of Kazakhstan.**

**Summary.** An important area of innovation development and the application of modern technologies in the field of road transport is information support of transport processes.

**Keywords:** car, information, information model, lifecycle, database.

УДК 669.822:622.7

**Т.Ю. Суркова, А.П. Гушин, М.Б. Барменшинова, С.Б. Юлусов**

(АО «Центр наук о земле, металлургии и обогащении», г. Алматы, Республика Казахстан)

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,

г. Алматы, Республика Казахстан)

## **ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОБОГАЩЕНИЕ КАРБОНАТНО-ФОСФАТНЫХ УРАНОВЫХ РУД**

**Аннотация.** В настоящее время мировой спрос на урановую продукцию способствует увеличению выпуска закиси-оксида урана, что предполагает вовлечение в сферу производства неосвоенных, а также забалансовых и ранее законсервированных месторождений урана.

Исследования проводились на руде одного из месторождений Северо-Казахстанской урановорудной провинции, представленной фосфатно-карбонатными породами с преобладанием фосфатной составляющей. При этом среди ценных компонентов в руде следует отметить наличие урана, фосфора и редкоземельных элементов.

В настоящей статье была изучена гравитационная и флотационная обогатимость карбонатно-фосфатной урановой руды. Флотационное обогащение карбонатно-фосфатных урановых руд показало, что наблюдается обогащение руды по урану, но разделения карбонатов и фосфатов не происходит. Предварительное гравитационное обогащение карбонатно-фосфатных урановых руд позволяет сократить в 2 раза объем руды, подаваемой на последующее сернокислотное выщелачивание, с сохранением объема выпускаемой продукции, и уменьшить расход серной кислоты.

**Ключевые слова:** карбонатно-фосфатная урановая руда, гравитационная обогатимость, флотационная обогатимость, сернокислотное выщелачивание, серная кислота.

При проведении исследований в области возможных вариантов переработки карбонатно-фосфатных урановых руд необходимо обратить внимание на их минералого-петрографическую и химическую характеристики. Сложность минералого-петрографического состава фосфоритных руд обуславливается тремя основными факторами: высокой дисперсностью вкрапления, изменчивостью свойств фосфатного вещества и многообразием его сочетаний с различными минералами, часто имеющими близкие с фосфатом свойства.

Исследуемая нами руда одного из месторождений Северо-Казахстанской урановорудной провинции представляет собой фосфатно-карбонатные породы с преобладанием фосфатной составляющей. При этом среди ценных компонентов в руде следует отметить наличие урана, фосфора и редко-

земельных элементов. Согласно петрографической классификации, находящиеся в руде месторождения фосфориты, по своему типу, относятся к пластовым.

Пластовые фосфориты – сплошная массивная порода, в которой не видно конкреций или зерен фосфоритов и которая вся целиком фосфатизирована. Она состоит из мельчайших оолитов и микроскопических зерен (0,01-0,1 мм) фосфатного вещества, сцементированных фосфатно-карбонатным и фосфатно-кремнистым цементом. Пластовые фосфориты состоят в основном из фосфатов, карбонатов (кальцита, доломита) и халцедона. Содержат в небольших количествах кварц, пирит, гидроксиды железа, органические вещества, отдельные зерна циркона, сфена и минералов урана. Вещественный состав усредненной пробы следующий, (%): CaO 38,0-60,0; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 7,0-34,0; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,7-6,0; SiO<sub>2</sub> 0,6 - 4,5; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,3 - 2, 4; F<sub>2</sub> 1,7-4,0; ZrO 0,01-0,3; TiO<sub>2</sub> 0,05- 0,18; PЗЭ 0,01-0,04.

Фосфор в рудах распространен относительно равномерно и находится обычно в тонком прорастании с карбонатами. Основная часть фосфора относится к фторапатиту. Фтор, наряду с фторапатитом, присутствует в виде флюорита. Кварц встречается в основной массе карбонатно-фосфатной породы в виде прозрачных зерен. Сульфиды представлены пиритом, который рассеян по массе фторапатита. Пирит часто присутствует в прожилках совместно с кальцитом и хлоритом. Реже встречаются (в виде мелких зерен) галенит, сфалерит, арсенипирит халькопирит.

Гидроксиды железа широко распространены в рудах коры выветривания и придают рудам характерный красно-бурый цвет. Циркон и уран встречаются во всех рудных телах в виде единичных зерен. Урановые минералы представлены настураном и урановой чернью, распространены в трещинах, образуя вкрапленность в тесном сростании с сульфидами меди, железа, свинца и цинка.

Согласно классификации урановых руд по технологическим свойствам [1], возможным способом переработки фосфатных урановых руд перед кислотным выщелачиванием являются и **гравитационные, и флотационные методы обогащения**. Далее фосфатные урановые руды поступают на кислотное вскрытие и последующее извлечение урана и фосфора в виде фосфатных удобрений.

В процессе исследований нами вначале была изучена гравитационная обогатимость карбонатно-фосфатной урановой руды. Так, из анализа гранулометрического состава усредненной пробы мелкодробленой и измельченной руды (таблица 1) следует, что в ней содержится от 0,051 до 0,16 % урана и от 4,56 до 18,91 % фосфора.

Таблица 1. Гранулометрический состав и распределение урана и фосфора по фракциям усредненной пробы

Усредненная проба карбонатно-фосфатной урановой руды			
Класс, мм	Выход класса, %	Содержание, %	
		U	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
+5	64,40	0,11	11,43
-5+2,8	5,19	0,16	18,91
2,8+ 1	4,78	0,15	18,02
-1+0,14	6,13	0,12	12,60
-0,14	19,5	0,051	4,56

С целью сокращения расхода серной кислоты на переработку фосфатных урановых руд, проведено обогащение данного сырья с использованием тяжелой жидкости. Для этого рудный материал усредненной пробы, с содержанием, (%): U – 0,11; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 13,98 помещали в тяжелую жидкость с плотностью 2800 г/дм<sup>3</sup> (бромформ) и отделяли всплывшие легковесные фракции.

После разделения и отмывки фракций в них определяли содержание урана и фосфора. Полученные данные приведены в таблице 2, из анализа которой следует, что гравитационное обогащение позволяет получить из рудного материала концентрат, в котором сосредоточены уран и фосфор с минимальной потерей их с хвостами. Для полученного в процессе гравитационного обогащения концентрата, состава, (%): U – 0,22; Al – 0,25; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 28,42; CaO – 31,1; MgO - 0,31; Fe – 0,71; Zr - 0,34; S - 0,53 была определена кислотоемкость и основные показатели процесса выщелачивания. Выщелачивание вели при следующих условиях: температура t=85<sup>0</sup>C; время τ=6час; исходное Т:Ж= 1:2,5.

Таблица 2. Результаты обогащения рудного материала в тяжелой жидкости

Плотность фракции	Выход фракции, %	Содержание во фракции, %		Распределение компонентов по продуктам обогащения, %	
		U	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	U	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
< 2800 г/ дм <sup>3</sup> (легкая)	54,26	0,017	1,8	8,5	7,0
≥2800 г/ дм <sup>3</sup> (тяжелая)	45,74	0,220	28,42	91,5	93,0
Исходная руда	100,00	0,11	13,98	100,00	100,00

Расчетные данные, полученные на основании проведенных экспериментов, приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты определения кислотоёмкости концентрата гравитационного обогащения карбонатно-фосфатных урановых руд

Количество H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , кг/т	Состав полученной ЭФК, г/дм <sup>3</sup>							Гипсовое число	Содержание в фосфогипсе, %		Извлечение, %		Кислотоёмкость руды, кг/т
	U	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Al	Zr	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>		U	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	U	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
700	0,483	56,00	50,16	0,70	0,018	1,423	0,418	1,160	0,051	8,226	73,11	66,42	626,8
800	0,410	51,97	69,12	0,91	0,016	1,521	0,209	1,164	0,062	9,349	67,2	61,71	707,34
900	0,400	53,23	114,24	0,98	0,015	1,326	0,363	1,182	0,060	8,845	67,76	63,21	760,4
1000	0,219	52,77	208,9	1,44	0,03	1,35	1,60	1,15	0,054	9,26	71,77	62,53	767,2

Из анализа данных таблицы 3 следует, что расход кислоты на выщелачивание полученного гравиоконцентрата составляет 700 кг/т, что ниже по сравнению с выщелачиванием исходного рудного материала (более 800 кг/т).

Нами также была предпринята попытка разделения фосфатной и карбонатной составляющей в фосфатно-карбонатных урановых рудах методом флотационного обогащения, что в дальнейшем могло бы привести к снижению расхода кислоты на выщелачивание руды.

Исследования проводились на руде следующего состава, (%): U=0,101; P = 5,6; Fe=2,01; S=0,67; Ca=21,19; Mg=0,59.

При проведении экспериментов исходили из того, что флотационное обогащение фосфатных руд осложняется следующими причинами: высокой дисперсностью фосфата, содержащегося в зернах, подлежащих разделению; присутствующие в руде карбонаты кальция и магния которые обладают флотиремостью близкой к флотиремости фосфоритов; руды содержат значительное количество гидроксидов железа и алюминия, которые не только уменьшают разницу во флотиремости разделяемых частиц, но и, переходя в концентрат, ухудшают его технологические свойства; измельчение руд и присутствие в них глинистой составляющей обуславливают получение большого количества тонких шламов, резко ухудшающих флотацию.

При флотации фосфоритов используют в качестве собирателей жирные кислоты и их мыла, кубовый остаток жирных спиртов, талловое масло и др. В присутствии шламов для улучшения флотационных свойств добавляют аполярные собиратели (керосин, солярку, машинные масла и др.). Ввиду близости флотационных свойств фосфоритов и карбонатов применяют депрессоры кальцита и тонких шламов – сода, щелочь, жидкое стекло[2].

В 1-м опыте (таблица 4) прямой флотацией карбонатно-фосфатной урановой руды нами предполагалось получить в пенном продукте фосфоритовый концентрат. Режим процесса был следующим:

- депрессоры карбонатов: сода-1 кг/т, жидкое стекло-1 кг/т, pH=8-11;

- собиратель: олеиновая кислота – 200 г/т, дизельное топливо-750 г/т.

Проведенная в этом режиме флотация показала, что степень извлечения фосфора в пенный продукт невелика, кроме того, отделения от кальцита не происходит. Собирателя явно недостаточно.

Таблица 4. Результаты флотационного обогащения карбонатно-фосфатных урановых руд

№ оп	Наименование	Выход, %	Содержание, %			Извлечение, %			Условия опыта
			U	P	Ca	U	P	Ca	
1	Пенный продукт	9,75	0,143	4,58	21,52	13,8	7,97	9,9	Прямая флотация: депрессор карбонатов - $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1$ кг/т, $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n = 1$ кг/т, pH=8-11; собиратель: олеиновая к-та 200 г/т, дизельное топливо – 750 г/т
	Хвосты	90,25	0,096	5,71	21,15	86,2	92,03	90,1	
	Исходная руда	100,0	0,101	5,6	21,19	100,0	100,0	100,0	
2	Пенный продукт	10,7	0,15	4,15	17,56	15,89	7,93	8,87	Обратная флотация: депрессор фосфатов – фосфорная к-та = 1 кг/т, pH=4,5-6; собиратель: олеиновая к-та 500-600 г/т, дизельное топливо – 200 г/т
	Хвосты	89,3	0,095	5,774	21,62	84,11	92,07	91,13	
	Исходная руда	100,0	0,101	5,6	21,19	100,0	100,0	100,0	
3	Пенный продукт	27,41	0,119	6,68	12,4	32,3	32,7	16,04	Прямая флотация: депрессор карбонатов - $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 3$ кг/т, $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n = 1,5$ кг/т; собиратель: олеиновая к-та 1,5 кг/т, дизельное топливо – 1 кг/т
	Хвосты	72,59	0,094	5,19	24,51	67,7	67,3	83,96	
	Исходная руда	100,0	0,101	5,6	21,19	100,0	100,0	100,0	
4	Пенный продукт	35,62	0,121	6,74	32,48	42,63	42,87	54,6	Прямая флотация: депрессор карбонатов - $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 3$ кг/т, $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n = 1,5$ кг/т; собиратель: олеиновая к-та 1,5 кг/т (предварительно омыленная р-ром NaOH-0,48 кг/т), дизельное топливо – 1 кг/т
	Хвосты	64,38	0,090	4,97	14,94	57,37	57,13	45,4	
	Исходная руда	100,0	0,101	5,6	21,19	100,0	100,0	100,0	
5	Пенный продукт	64,09	0,122	7,92	32,49	77,42	90,64	98,27	Прямая флотация: депрессор карбонатов - $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 10,6$ кг/т, pH=10, $\text{Na}_2\text{O}(\text{SiO}_2)_n = 1,5$ кг/т; собиратель: олеиновая к-та (омыленная) - 3,0 кг/т, дизельное топливо – 3 кг/т
	Хвосты	35,91	0,063	1,46	1,02	22,58	9,36	1,73	
	Исходная руда	100,0	0,101	5,6	21,19	100,0	100,0	100,0	

На следующем этапе исследований была проведена обратная флотация (таблица 4, опыт 2), которая предполагает извлечение кальцита в пенный продукт, а фосфор остается в камерном продукте. Режим процесса был следующим:

- депрессор фосфатов: фосфорная кислота – 1 кг/т; pH = 4,5-6,0.
- собиратель: олеиновая кислота –500-600 г/т; солярка –200 г/т.

Результаты обратной флотации показывают, что депрессии фосфорных минералов не происходит. В данном случае также наблюдается нехватка собирателя, в связи с чем, было решено увеличить расход флотореагентов и провести прямую флотацию.

Далее приведены показатели флотации при следующем расходе реагентов: сода – 3кг/т, жидкое стекло –1,5 кг/т, олеиновая кислота –1,5 кг/т, дизельное топливо – 1кг/т (таблица 4, опыт 3). Опыт 4 проведен в тех же условиях, что и опыт 3, но с использованием предварительно омыленной раствором щелочи (расход NaOH – 0,48 кг/т) олеиновой кислоты. Полученные результаты по извлечению компонентов более высокие, но фосфор не депрессируется. Поэтому в опыте 5 увеличен расход собирателя и расход депрессора – соды. Опыт проведен при следующих условиях: расход соды – 10,6 кг/т (pH=10,0); жидкого стекла – 1,5 кг/т; олеиновой кислоты – 3,0 кг/т (омыленная); солярки – 3,0 кг/т. Получено довольно высокое извлечение всех компонентов. Но депрессии кальцита не наблюдается.

В следующей серии опытов была проведена обратная флотация с использованием в качестве депрессора фосфоритов серной кислоты. Расход реагентов в опыте 6: серная кислота – 3 кг/т, олеиновая кислота – 3 кг/т, солярка – 1 кг/т, сосновое масло – 60 г/т. В опыте 7 в качестве депрессора фосфоритов использована фосфорная кислота. Расход реагентов следующий: фосфорная кислота – 8 кг/т (рН = 5,0); олеиновая кислота – 3,0 кг/т; солярка – 3,0 кг/т; сосновое масло – 60 г/т.

Полученные результаты показывают, что, несмотря на значительное увеличение расхода реагентов, а также при использовании в качестве депрессора фосфоритов, серной и фосфорной кислоты, флотация кальцита не улучшается. Разделения фосфора и кальция не происходит.

Таким образом, предварительное флотационное обогащение карбонатно-фосфатных урановых руд показало, что наблюдается обогащение руды по урану, но разделения карбонатов и фосфатов не происходит.

При этом предварительное гравитационное обогащение карбонатно-фосфатных урановых руд позволяет сократить в 2 раза (выход легкой фракции составляет 54,26 %) объем руды, подаваемой далее на сернокислотное выщелачивание, с сохранением объема выпускаемой продукции, и соответственно, уменьшить расход серной кислоты.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. *Полькин С.И.* Обогащение руд и россыпей редких и благородных металлов – М.: Недра, 1987. – С.397.
2. *Шубов Л.Я., Иванков С.И., Щеглова Н.К.* Флотационные реагенты в процессах обогащения минерального сырья – М.: Недра, 1990. - Книга 2 – С.206-212.

#### REFERENCES:

1. *Polkin S.I.* Obogashchenie rud i rossyepей redkih i blagorodnyh metallov – M.: Nedra, 1987.– S.397.
2. *Shubov L.Y., Ivankov S.I., Shcheglova N.K.* Flotatsionnye reagent v protsessah obogashcheniya mineralnogo syrya - M.: Nedra, 1990. – Kniga 2 – P. 206-212.

Суркова Т.Ю., Барменшинова М.Б., Гушин А.П., Юлусов С.Б.

#### **Карбонатты-фосфатты уранды кенді алдын-ала байыту.**

**Түйіндеме.** Зертеу барысында карбонатты – фосфатты уранды кенді гравитациялық және флотационды байыту анықталды. Карбонатты-фосфатты уранды кенді флотациялық байытуда уран бойынша кеннің баюы анықталып, бірақ карбонат және фосфат бөлінбеді. Карбонатты-фосфатты уранды кенді алдын-ала гравитациялық байыту кеннің көлемін 2 есе қысқарту мүмкіншілігі бар, олар күкірт қышқылды сілтісіздендіруге дайын өнімнің көлемін сақтап және 1 т уран құрамды кеннен 700 кг дейінгі күкірт қышқылының шығымын азайтады.

**Негізгі сөздер:** карбонатты – фосфатты уран кені, гравитациялық байыту, флотациялық байыту, күкіртті қышқылды сілтісіздендіру, күкірт қышқылы.

Суркова Т.Ю., Барменшинова М.Б., Гушин А.П., Юлусов С.Б.

#### **Предварительное обогащение карбонатно-фосфатных урановых руд.**

**Резюме.** В процессе исследований была изучена гравитационная и флотационная обогатимость карбонатно-фосфатной урановой руды. Флотационное обогащение карбонатно-фосфатных урановых руд показало, что наблюдается обогащение руды по урану, но разделения карбонатов и фосфатов не происходит. Предварительное гравитационное обогащение карбонатно-фосфатных урановых руд позволяет сократить в 2 раза объем руды, подаваемой на последующее сернокислотное выщелачивание, с сохранением объема выпускаемой продукции и уменьшить расход серной кислоты до 700 кг на тонну урансодержащей руды.

**Ключевые слова:** карбонатно-фосфатная урановая руда, гравитационная обогатимость, флотационная обогатимость, сернокислотное выщелачивание, серная кислота.

Surkova T., Barmenshinova M.B., Gushin A., Yulusov S.

#### **Preconcentration of carbonate-phosphate uranium ores.**

**Summary.** Completed study provided further support of ore preparation characteristics through gravity and flotation concentration of carbonate-phosphate uranium ores. Flotation concentration of carbonate-phosphate uranium ores proved that there is observed ore enrichment in uranium while any separation of carbonates and phosphates was not occurred. Gravity preconcentration of carbonate-phosphate uranium ores allows halving the bulk ore supplied for subsequent sulfuric-acid leaching when the volume of production is constant and sulfuric acid consumption is diminished down to 700 kg per ton of uranium-bearing ore.

**Key words:** carbonate-phosphate uranium ores, gravity concentration, flotation concentration, sulfuric-acid leaching, sulphuric acid.

УДК 620.178.7

**М.К. Скаков, Г.К. Уазырханова, Н.А. Попова**(Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д.Серикбаева,  
Усть-Каменогорск, Республика Казахстан)

(Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск. Россия)

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАРБИДНЫХ ФАЗ В ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ ГОРЯЧЕДЕФОРМИРОВАННОЙ СТАЛИ 30ХГСА**

**Аннотация.** Методами оптической и электронной микроскопии, а так же рентгеноструктурного анализа были исследованы закономерности перераспределения частиц карбидных фаз в поверхностных слоях валка (на поверхности и на расстояниях 0,5мм, 2мм от поверхности) из стали 30ХГСА в ходе горячей деформации. Были определены типы и размеры карбидов, расположенных на границах и в стыках изотропных и анизотропных фрагментов, а так же внутри этих фрагментов. Приведены зависимости объемных долей карбидных фаз (цементита и специальных карбидов), расположенных в различных структурных составляющих и различных местах приповерхностного слоя валка. Показана связь карбидов с дислокационной субструктурой. Показан градиентный характер в закономерностях распределения карбидных фаз по мере приближения к поверхности валка.

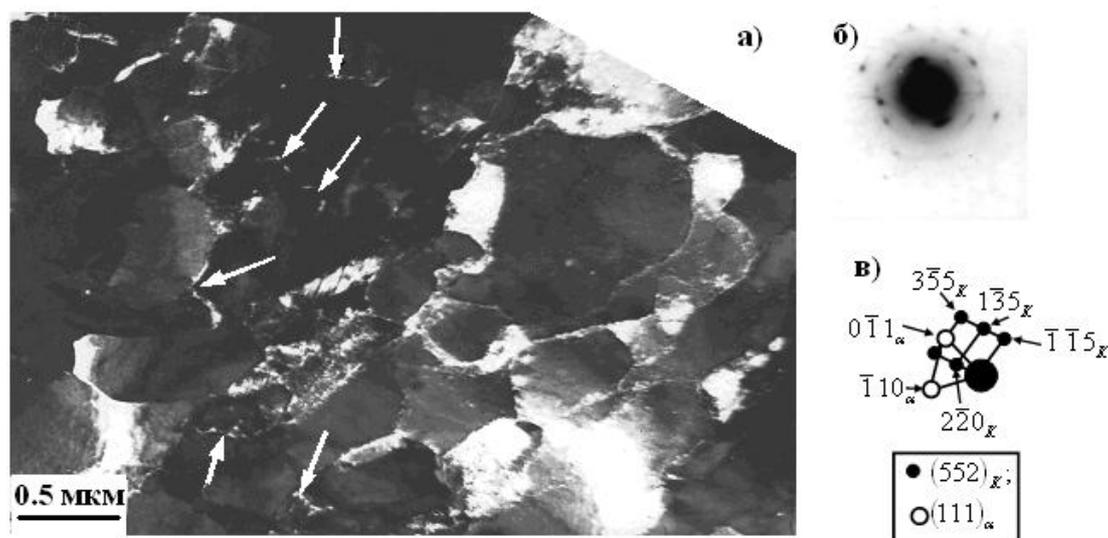
**Ключевые слова:** карбидная фаза, горячая деформация, дислокационная субструктура, фрагментированная субструктура

Как известно [1,2], в мартенситных кристаллах после термообработки стали присутствуют частицы вторых фаз. Как правило, превращения в дислокационной субструктуре тесно связаны с карбидной подсистемой. Образовавшиеся карбиды взаимодействуют с субграницами, и это в значительной степени усложняет картину процесса фрагментации. Ранее было установлено [2-5], что во фрагментах с сетчатой субструктурой нередко в узлах сеток присутствуют специальные карбиды, на границах фрагментов – частицы специальных карбидов и цементита. Во фрагментах с ячеистой субструктурой частицы специальных карбидов находятся в стыках ячеек и на границах фрагментов, частицы цементита – на границах ячеек и фрагментов. Во фрагментах, не содержащих дислокации, присутствуют только карбиды специального типа, которые располагаются на границах и в стыках фрагментов. Однако количественных исследований этого процесса при деформации стали горячим прокатом ранее выполнены не были.

В связи с вышеизложенным целью данной работы является определение типа карбидов, их размеров, места их локализации, изменений объемных долей различных карбидов, а также их связи с дислокационной субструктурой в поверхностных слоях стали 30ХГСА в результате горячей деформации.

В качестве материала исследования использовали сталь 30ХГСА в горячедеформированном состоянии. Химический состав стали: 0,3 % С; 0,8-1,1% Сг; 0,8-1,1% Мп; 0,8-1,1 % Si; 0,025 % Р; 0,025 % S; остальное железо по ГОСТу 4543-71. Структурные исследования образцов стали проводили в НИИ нанотехнологий и новых материалов ВКГТУ им Д. Серикбаева и в научных лабораториях Томского Государственного архитектурно-строительного университета (Россия) методами оптической микроскопии на НЕОРНОТ – 21, электронной дифракционной микроскопии на тонких фольгах на электронном микроскопе JEOL-2100 и рентгеноструктурного анализа на рентгеновском дифрактометре X'Pert PRO.

Результаты исследований показали, что дислокационная субструктура во фрагментированной структуре связана с распределением карбидных фаз. А именно, в анизотропных фрагментах нередко в узлах дислокационных сеток присутствуют специальные карбиды (в основном  $M_2C$ -типа), на границах фрагментов – частицы специальных карбидов и цементита. В изотропных фрагментах (фрагментах, не содержащих дислокации) присутствуют только карбиды специального типа, которые располагаются на границах и в стыках фрагментов. На рисунке 1 приведено электронно-микроскопическое изображение горячедеформированной стали 30ХГСА на расстоянии 2 мм от поверхности валка, подтверждающее наличие карбида  $M_2C$ -типа (обладает орторомбической кристаллической решеткой и пространственной группой  $Pbcn$ ). Как видно из рисунка 1, в обоих типах фрагментов частицы этого карбида присутствуют в двух характерных местах дефектной структуры материала. Во-первых, частицы  $M_2C$ -типа присутствуют внутри фрагментов на дислокациях. Они имеют округлую форму, их размер не превышает 10 нм, объемная доля также одинакова (~0.1%). Во-вторых, частицы этого карбида присутствуют в субграницах фрагментации  $\alpha$ -фазы в виде относительно мелких округлых выделений, средний размер которых также не превышает 10 нм. Его объемная доля в анизотропных фрагментах составляет 0.7%, в изотропных – 1.2%.



**Рис. 1.** Темнопольные изображения (а) фрагментированной субструктуры в деформированной прокатом стали 30ХГСА на расстоянии 2мм от поверхности валка (стрелками указаны частицы карбидов  $M_2C$  типа, расположенные на границах и в стыках фрагментов). Микродифракционная картина (б), и её индцированная схема (в), содержащая рефлексы, относящиеся к плоскостям  $(111)_\alpha$ -фазы и  $(552)$  карбида  $M_2C$ -типа, обозначенного на (б), как «К»

Обратим внимание на размеры и форму карбида железа  $Fe_3C$  (цементита), обладающего орторомбической кристаллической решеткой (пространственная группа  $Pnma$ ). Независимо от типа фрагментов частицы цементита присутствуют в двух характерных местах дефектной структуры материала [6]. Во-первых, частицы цементита присутствуют в субграницах фрагментации  $\alpha$ -фазы в виде относительно мелких пластинок. Средний размер частиц в анизотропных фрагментах составляет  $\sim(30 \pm 5) \times (65 \pm 10)$  нм, их объемная доля –  $\delta = 1.4\%$ . В изотропных фрагментах средний размер частиц и их объемная доля меньше:  $\sim(10 \pm 5) \times (65 \pm 10)$  нм,  $\delta = 0.03\%$ . Во-вторых, частицы цементита присутствуют внутри фрагментов также в виде относительно мелких пластинок. Средний размер частиц во фрагментах обоих типов одинаков и составляет  $\sim(10 \pm 5) \times (30 \pm 10)$  нм. Однако их объемная доля в анизотропных фрагментах выше, более чем в 2 раза ( $\delta_{ан.фр.} = 0.4\%$ , ( $\delta_{из.фр.} = 0.15\%$ )).

Кроме того, в стали на расстоянии 2мм от поверхности валка, присутствуют частицы карбида  $M_6C$ -типа, обладающий кубической кристаллической решеткой (пространственная группа  $Fd3m$ ). Частицы этого карбида присутствуют в стыках фрагментов, обладают округлой формой, со средним размером  $\sim 55$  нм и объемной долей 2.7%.

Как показали результаты исследований в стали на расстоянии 0,5мм от поверхности валка цементит полностью отсутствует как внутри, так и на границах фрагментов обоих типов. Это означает, что в процессе деформации частицы цементита разрезаются, разрушаются и растворяются. Освободившийся углерод дислокациями переносится на дефекты кристаллического строения для образования специальных карбидов. На границах фрагментов интенсивно образуются частицы специального карбида  $M_2C$ . Теперь уже границы фрагментов сплошь окаймлены карбидными частицами. Особенно хорошо они видны на темнопольных изображениях (рис.2). Размеры и объемная доля частиц на границах фрагментов увеличиваются. Внутри фрагментов частицы специального карбида  $M_2C$ -типа также присутствуют. Их средний размер не изменяется, а объемная доля уменьшается. По-видимому, карбидные частицы, находящиеся внутри фрагментов, в ходе горячей деформации частично разрушаются, частично коагулируют и, либо переносятся на границы фрагментов.

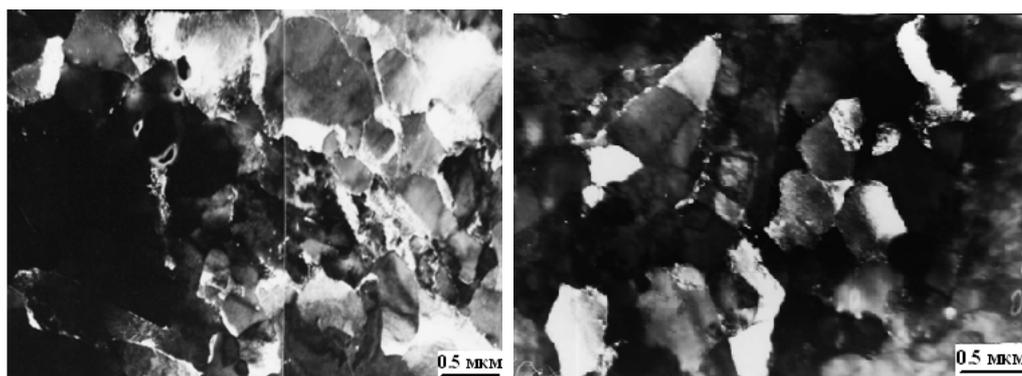


Рис. 2. Темнопольные изображения фрагментированной субструктуры деформированной прокатом стали 30ХГСА на расстоянии 0.5 мм от поверхности валка. Границы фрагментов окаймлены выделениями специальных карбидов

Таким образом, очевидно, что в ходе пластической деформации прокатом в исследуемой стали происходят сложные структурно-фазовые превращения, которые вначале приводят к распаду остаточного аустенита и образованию цементита и специальных карбидов по схеме:  $\gamma \rightarrow \alpha + \text{Fe}_3\text{C} + \text{M}_2\text{C}$ , а в дальнейшем – к растворению цементита, превращению  $\text{Fe}_3\text{C} \rightarrow \text{M}_2\text{C}$  и вытеснению специальных карбидов на границы раздела  $\alpha$ -фазы.

Дальнейшее развитие получили карбидные превращения на поверхности валка. А именно: цементит в ходе пластической деформации полностью разрушен; возросла объемная доля и размеры специальных карбидов на границах фрагментов; наряду с третичными карбидами  $\text{M}_2\text{C}$  появились третичные карбиды  $\text{M}_6\text{C}$ -типа, которые находятся, в основном, в стыках фрагментов (см.рис.3).

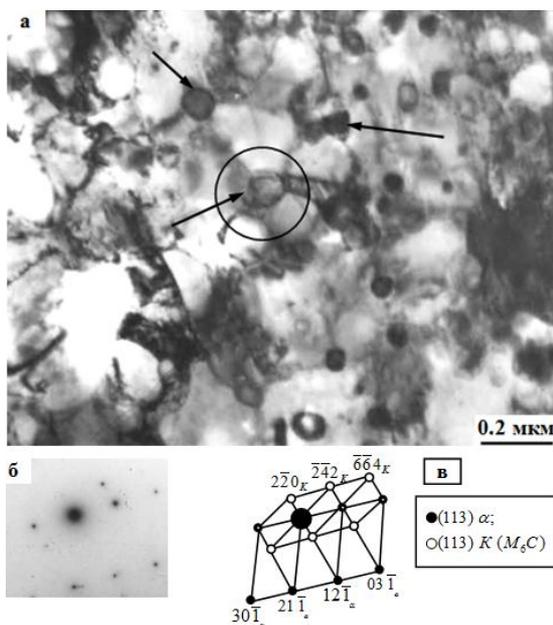
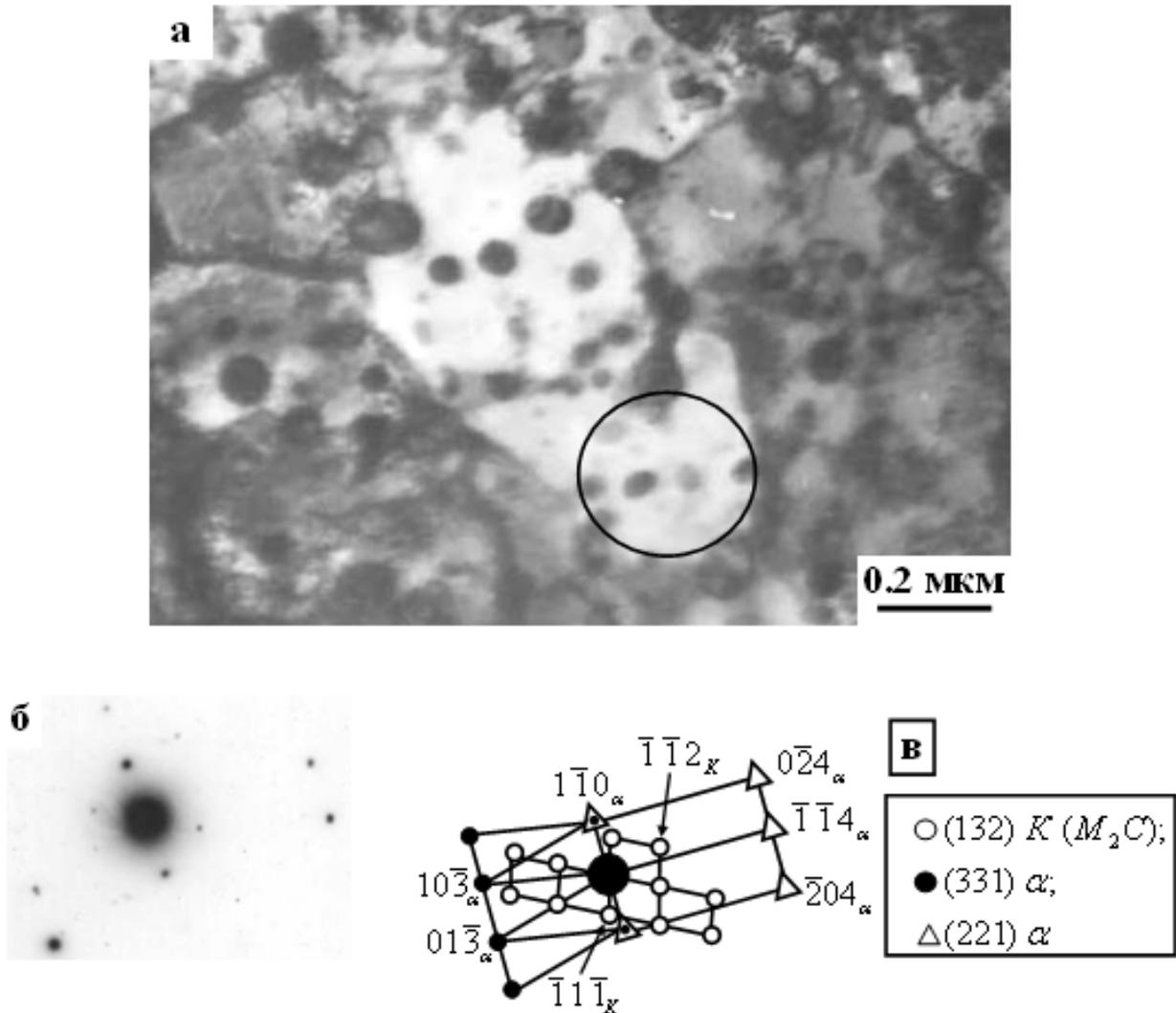


Рис. 3. Электронно-микроскопическое изображение структуры стали 30ХГСА, сформированной на поверхности валка после деформации прокатом. В стыках фрагментов (на (а) отмечены стрелками) находятся третичные карбиды  $\text{M}_6\text{C}$ -типа: а – светлоспольное изображение; б – микродифракционная картина, полученная с участка, отмеченного на (а) окружностью; в – индцированная схема, содержащая рефлексы, относящиеся к плоскостям: (113)  $\alpha$ -фазы и (113) карбида типа  $\text{M}_6\text{C}$ , обозначенного на (в), как «К»

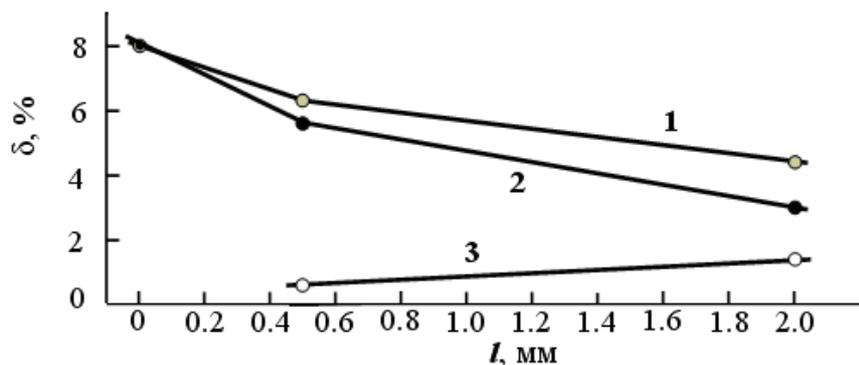
Здесь следует отметить, что вторичными карбидами называются карбиды, образовавшиеся в ходе термообработки, третичными – в ходе пластической деформации. Видно, что внутри фрагментов карбиды еще остаются, однако их объемная доля резко уменьшилась, и присутствуют они только в крупных фрагментах (см.рис.4).

Рассмотрим результаты изменения объемных долей различных карбидов в деформированной прокатом стали 30ХГСА. Подчеркнем, что рассмотрение здесь ведется по материалу в целом. Это означает, что объемные доли карбидов, представленные на графиках, получены с учетом объемных долей анизотропных и изотропных фрагментов.

На рисунках 5-7 приведены зависимости объемных долей карбидной фазы (цементита и специальных карбидов), расположенных в различных структурных составляющих и различных местах по мере приближения к поверхности валка. Из рисунка 5 видно, что по мере приближения к поверхности валка суммарная объемная доля частиц карбидных фаз в материале (кривая 1) увеличивается. Причем в изотропных фрагментах интенсивно возрастает (кривая 2), а в анизотропных фрагментах - уменьшается (кривая 3). Это означает, что в анизотропных фрагментах при приближении к поверхности валка имеет место процесс разрушения и растворения частиц карбидных фаз.

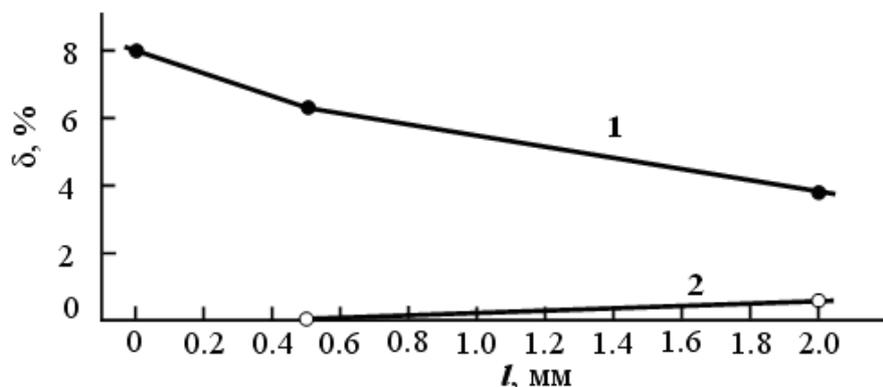


**Рис. 4.** Электронно-микроскопическое изображение структуры стали 30ХГСА, сформированной на поверхности валка после деформации прокатом. Внутри фрагментов находятся третичные карбиды  $M_2C$ -типа: а – светопольное изображение; б – микродифракционная картина, полученная с участка, отмеченного на (а) окружностью; в – индцированная схема, содержащая рефлексы, относящиеся к плоскостям  $\alpha$ -фазы (331) и (221) и карбида  $M_2C$ -типа (132), обозначенного на (в), как «К»

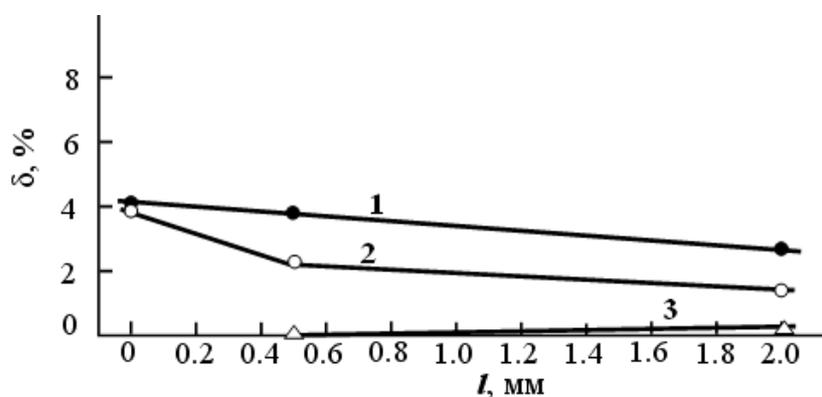


**Рис. 5.** Изменения объемной доли карбидных фаз в деформированной прокатом стали 30ХГСА по мере удаления от поверхности валка: (1)– суммарная объемная доля карбидных фаз в материале; (2) - в изотропных и (3)- в анизотропных фрагментах

Если рассмотреть отдельно поведение специальных карбидов и цементита (рис.6), то видно, что по мере приближения к поверхности валка объемная доля специальных карбидов постоянно увеличивается (кривая 1), цементита уменьшается (кривая 2). Это означает, что частицы цементита разрушаются и растворяются, а специальные карбиды – вновь образуются. Причем, как видно из рисунка 7, карбиды в стыках (кривая 1) и на границах (кривая 2) фрагментов постоянно образуются, а внутри фрагментов (кривая 3) исчезают.



**Рис. 6.** Изменения объемной доли карбидных фаз в деформированной прокатом стали 30ХГСА по мере удаления от поверхности валка: (1) – объемная доля специальных карбидов и (2)-цементита



**Рис. 7.** Изменения объемной доли карбидных фаз в деформированной прокатом стали 30ХГСА по мере удаления от поверхности валка: объемная доля специальных карбидов, расположенных в стыках (1), на границах (2) и внутри (3) изотропных фрагментов

Таким образом, полученные экспериментальные результаты свидетельствуют о том, что имеет место разрушение не только цементита, но и термодинамически более устойчивых специальных карбидов. По-видимому, в анизотропных фрагментах цементит термодинамически нестабилен. Объемная доля специальных карбидов даже несколько растет, т.е. начинают конкурировать процессы разрушения и образования специальных карбидов. По-видимому, особую роль в стабилизации специальных карбидов играют изотропные фрагменты. Ранее [6] было установлено, что при деформации изотропные фрагменты появляются в тех местах, где цементита и специальных карбидов почти не осталось, и атомы углерода находятся на дефектах. Формирование изотропных фрагментов замедляет темп разрушения карбидов специального типа, а ускоренный рост объемной доли изотропных фрагментов приводит к воссозданию специальных карбидов. Наряду с этим данные, представленные на рисунках 5-7, свидетельствуют о том, что по мере приближения к поверхности соотношение между объемными долями цементита и специальных карбидов изменяется в сторону термодинамически более устойчивым специальным карбидам. На границах изотропных фрагментов цементит оказывается неустойчивым. Специальные карбиды, напротив, более устойчивы на границах изотропных фрагментов. Все это еще раз доказывает, что по мере приближения к поверхности валка степень пластической деформации увеличивается. Поскольку вблизи поверхности деформация максимальна, а в центре валка минимальна, то структура стали носит градиентный характер, т.е. изменения в структуре и фазовом составе будут происходить по мере удаления от поверхности вглубь материала. Градиентные структуры, как известно [7], тесно связаны с упрочнением и разрушением материала, и, поэтому сведения о них очень важны для повышения ресурса работы изделия или его восстановления.

Таким образом, на основании анализа полученных результатов исследования закономерностей распределения карбидов, их размеров, места их локализации, изменения их объемных долей в поверхностных слоях валка из стали 30ХГСА в ходе горячей деформации можно сделать следующие выводы:

- установлено, что в узлах дислокационных сеток внутри всех типов фрагментов присутствуют, в основном, частицы специальных карбидов  $M_2C$ -типа, обладающие орторомбической кристаллической решеткой; в стыках фрагментов присутствуют, в основном, частицы специальных карбидов  $M_6C$ -типа, обладающие кубической кристаллической решеткой; частицы цементита, расположенные внутри фрагментов, с дислокациями не связаны;

- определено, что деформация валка прокатом приводит, во-первых, к дальнейшему  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращению, и на расстоянии 2 мм от поверхности стали остаточный аустенит отсутствует; во-вторых, начинается замена цементита специальными карбидами, и на расстоянии 0.5 мм от поверхности, цементит полностью отсутствует, присутствуют только специальные карбиды; в-третьих, на поверхности валка возросла объемная доля и размеры специальных карбидов на границах фрагментов; наряду с третичными карбидами  $M_2C$ -типа появились карбиды  $M_6C$ -типа, которые находятся, в основном, в стыках фрагментов;

- показано, что по мере приближения к поверхности деформированного валка суммарная объемная доля карбидных фаз в изотропных фрагментах интенсивно возрастает, а в анизотропных фрагментах уменьшается. В анизотропных фрагментах при приближении к поверхности валка имеет место процесс разрушения и растворения карбидных фаз;

- установлено, что по мере приближения к поверхности валка объемная доля специальных карбидов постоянно увеличивается, цементита уменьшается и соотношение между объемными долями цементита и специальных карбидов меняется в сторону термодинамически более устойчивым специальным карбидам; показан градиентный характер в закономерностях распределения карбидных фаз по мере приближения к поверхности валка.

Настоящая работа выполнена на основании Договора о сотрудничестве между Восточно-Казахстанским Государственным Техническим университетом им Д. Серикбаева и Томским Государственным архитектурно-строительным университетом от 2009 года и при финансовой поддержке АО "НАТР" РК, договор №475/189-209-11.

ЛИТЕРАТУРА

1. *He K., Brown A., Brydson R., Edmonds D. V.* Analytical electron microscope study of the dissolution of the Fe<sub>3</sub>C iron carbide phase (cementite) during a graphitisation anneal of carbon steel // *Journal of Materials Science*.-2006. -Vol.41.-№16. -P.5235-5241
2. *Козлов Э.В., Попова Н.А., Кабанина О.В. и др.* Эволюция фазового состава, дефектной структуры, внутренних напряжений и перераспределение углерода при отпуске литой конструкционной стали. – Новокузнецк: Изд-во СибГИУ, 2007. – 177с.
3. *Alaneme K. K.* Influence of tempered microstructures on the transformation behavior of cold deformed and intercritically annealed medium carbon low alloy steel. // *Mat.Res.* -2010.-Vol.13. - №2.-P.203-209
4. *Козлов Э.В., Попова Н.А., Игнатенко Л.Н. и др.* Влияние типа субструктуры на перераспределение углерода в стали мартенситного класса в ходе пластической деформации // *Изв. вузов. Физика.* – 2002. - №3. – С.72-86.
5. *M. Skakov, G. Uazyrkhanova, N. Popova M. Scheffler:* Influence of deformation on the phase structure of a 30CrMnSi steel. // *Materials testing.* – 2013. -Vol.55. -№1. -P.51-54
6. *Попова Н.А., Иванов Ю.Ф., Козлов Э.В.* Фазовые превращения в карбидной подсистеме конструкционной стали при термическом и деформационном воздействии // *Структура и свойства перспективных металлических материалов / Под общ. ред. А.И. Потекаева.* – Томск: Изд-во НТЛ, 2007. – С.31-75
7. *Ветер В.В., Жулейкин С.Г., Игнатенко Л.Н. и др.* Градиентные структуры, возникающие при пластической деформации перлитной стали // *Изв. РАН. Серия физическая.*-2003.- Т.67.-№10.-С.1375-1379

REFERENCES:

1. *He K., Brown A., Brydson R., Edmonds D. V.* Analytical electron microscope study of the dissolution of the Fe<sub>3</sub>C iron carbide phase (cementite) during a graphitisation anneal of carbon steel // *Journal of Materials Science*.-2006. -Vol.41.-№16. -P.5235-5241
2. *Kozlov E.V., Popova N.A., Kabanina O.V. i dr.* Evolyutsiya fazovogo sostava, defektnoi struktury, vnutrennikh napryazheniy i pereraspredelenie ugleroda pri otpuske litoi konstruksionnoi stali. – Novokuznetsk: Izd-vo SibGIU, 2007. – 177s.
3. *Alaneme K. K.* Influence of tempered microstructures on the transformation behavior of cold deformed and intercritically annealed medium carbon low alloy steel. // *Mat.Res.* -2010.-Vol.13. - №2.-P.203-209
4. *Kozlov E.V., Popova N.A., Ignatenko L.N. i dr.* Vliyanie tipa substruktury na pereraspredelenie ugleroda v stali martensitnogo klassa v khode plasticheskoi deformatsiy // *Izv. vuzov. Fizika.* – 2002. - №3. – S.72-86.
5. *M. Skakov, G. Uazyrkhanova, N. Popova, M. Scheffler:* Influence of deformation on the phase structure of a 30CrMnSi steel. // *Materials testing.* – 2013. -Vol.55. -№1. -P.51-54
6. *Popova N.A., Ivanov Yu.F., Kozlov E.V.* Fazovye prevrashcheniya v karbidnoi podsysteme konstruksionnoi stali pri termicheskom i deformatsionnom vozdeistviy // *Struktura i svoystva perspektivnykh materialov / Pod. obshch. red. A.I. Potekaeva.* – Tomsk: Izd-vo NTL, 2007. – С.31-75
7. *Veter V.V., Zhuleikin S.G., Ignatenko L.N. i dr.* Gradientnye struktury, vznikayushchie pri plasticheskoi deformatsiy perlitnoi stali // *Izv. RAN. Seriya fizicheskaya.*-2003.- Т.67.-№10.-S.1375-1379

Скаков М.К., Уазырханова Г.К., Попова Н.А

**Ыстық деформацияланған 30ХГСА болатының беттік қабаттарындағы карбидтік фазалардың таралу заңдылықтары.**

**Түйіндеме.** Ыстық деформациялау барысында 30ХГСА болатынан жасалған валдың беттік қабаттарындағы карбидтік фазалардың таралу заңдылықтары қарастырылған. Әр-түрлі типті фрагменттердің ішіндегі дислокациялық торлардың түйіндерінде негізінен М<sub>2</sub>С -типті арнайы карбидтердің бөлшектері кездесетіні тұжырымдалған. Валдың бетінен 0,5мм кашықтықта цементит кездеспейді, тек арнайы карбидтер ғана кездеседі; валдың бетінде М<sub>2</sub>С типті карбид бөлшектерімен қатар фрагменттердің түйісу орындарында орналасқан М<sub>6</sub>С типті карбидтер пайда болатыны тұжырымдалған. Изотроптық фрагменттердегі карбидтік фазалардың көлемдік үлесінің қосындысы деформацияланған валдың бетіне жақындаған сайын интенсивті түрде ұлғаятыны, ал анизотроптық фрагменттерде кемітіні көрсетілген. Карбидтік фазалардың валдың бетіне қарай таралу заңдылықтарының градиенттік сипаты көрсетілген.

**Түйін сөздер:** карбидтік фаза, ыстық деформациялау, дислокациялық сұбқұрылым, фрагменттелген сұбқұрылым

Скаков М.К., Уазырханова Г.К., Попова Н.А.

**Закономерности перераспределения карбидных фаз в поверхностных слоях горячедеформированной стали 30ХГСА.**

**Резюме.** Изучены закономерности перераспределения частиц карбидных фаз в поверхностных слоях вала из стали 30ХГСА в ходе горячей деформации. Установлено, что в узлах дислокационных сеток внутри всех типов фрагментов присутствуют в основном частицы специальных карбидов  $M_2C$ -типа. Установлено, что на расстоянии 0.5 мм от поверхности цементит полностью отсутствует, присутствуют только специальные карбиды; на поверхности вала наряду с третичными карбидами  $M_2C$  появились карбиды  $M_6C$ -типа, которые находятся, в основном, в стыках фрагментов. Показано, что по мере приближения к поверхности деформированного вала суммарная объемная доля карбидных фаз в изотропных фрагментах интенсивно возрастает, а в анизотропных фрагментах уменьшается. Показан градиентный характер в закономерностях распределения карбидных фаз по мере приближения к поверхности вала.

**Ключевые слова:** карбидная фаза, горячая деформация, дислокационная субструктура, фрагментированная субструктура

Skakov M.K., Uazyrkhanova G.K., Popova N.A

**Laws of carbide phases redistribution in the surface layers of hot-deformed 30CrMnSi steel.**

**Summary.** The laws of carbide phases particles redistribution is studied in the roll surface layers made of 30CrMnSiA steel during hot deformation. Found that the dislocation networks nodes inside all types of fragments are present basically particles of  $M_2C$  type special carbides. Found that at distance of 0.5 mm from the surface cementite is completely absent. There are present only special carbides. On the roll surface along with tertiary  $M_2C$  carbides appeared  $M_6C$  type carbides which are basically in the joints of fragments. It is shown that as it approaches to the surface of deformed roll total volume fraction of carbides phases in isotropic fragments intensively increases and decreases in anisotropic fragments. Shows a gradient character in the laws of carbide phases distribution as they approach the roll surface.

**Keywords:** carbide phase, hot deformation, dislocation substructure, fragmented substructure

УДК 620.178.7

**М.К. Скаков, Г.К. Уазырханова, Н.А. Попова**

(Восточно-Казахстанский государственный технический университет имени Д.Серикбаева,  
Усть-Каменогорск, Республика Казахстан)

(Томский государственный архитектурно-строительный университет, Томск, Россия)

**ИСТОЧНИКИ ВНУТРЕННИХ ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ И ЗАРОЖДЕНИЯ МИКРОТРЕЩИН  
В ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ ДЕФОРМИРОВАННОЙ СТАЛИ 30ХГСА**

**Аннотация.** Методами оптической и электронной микроскопии, а также рентгеноструктурного анализа были исследованы источники внутренних полей напряжения и зарождения микротрещин, а также количественные характеристики изгиба-кручения кристаллической решетки  $\alpha$ -фазы в поверхностных слоях вала из стали 30ХГСА в ходе горячей деформации. Было установлено, что основными источниками внутренних полей напряжений являются: 1) скалярная плотность дислокаций; 2) поляризация дислокационной структуры и избыточная плотность дислокаций; 3) границы и стыки дислокационных фрагментов; 4) карбидные наночастицы  $M_2C$ -типа, расположенные на границах фрагментов; 5) карбидные наночастицы  $M_6C$ -типа, расположенные в стыках фрагментов и 6) недеформируемые первичные карбиды  $M_6C$ , являющиеся основными источниками упругих полей напряжений. Исследовали места зарождения и распространения микротрещин вокруг первичных карбидов. Определили изменения амплитуды кривизны-кручения кристаллической решетки  $\chi$  и её составляющих (пластической  $\chi_{пл.}$  и упругой  $\chi_{упр.}$ ) в анизотропных и в изотропных фрагментах.

**Ключевые слова:** поля напряжений, микротрещины, амплитуда кривизны-кручения, горячая деформация, дислокационная субструктура, фрагментированная субструктура.

Как известно[1,2], механические характеристики металлов, такие как прочность, пластичность, ползучесть, зависят от внутренних напряжений в материале. Велика их роль и в эволюции дефектной структуры и зарождении микротрещин в материале. Термическая обработка стали 30ХГСА сопровождается формированием дальнедействующих полей напряжений, проявляющихся при электронно-

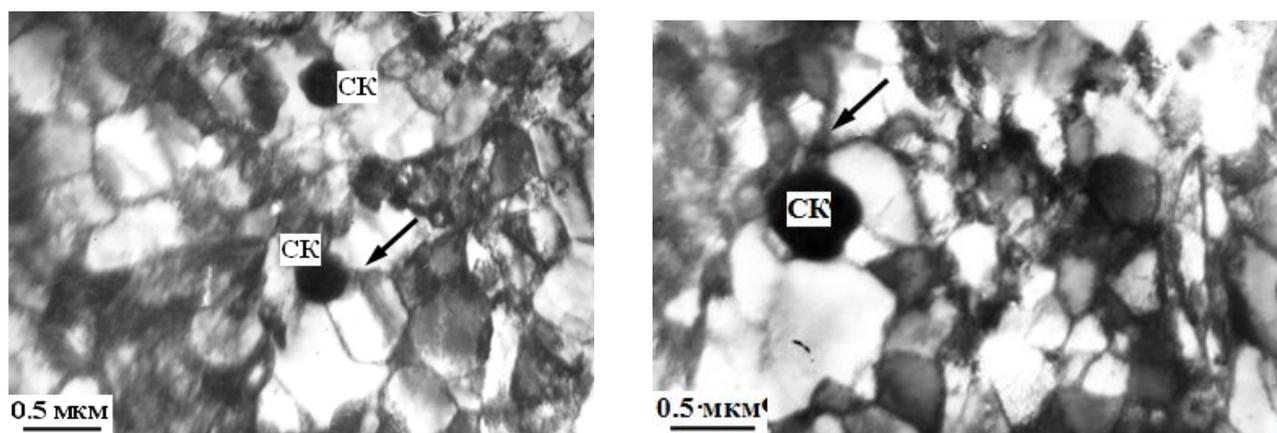
микроскопических исследованиях тонких фольг в виде изгибных экстинкционных контуров [3,4]. Однако, до сих пор в условиях эксплуатации валка из стали 30ХГСА, не изучены источники внутренних полей напряжения, зарождения микротрещин и количественные характеристики изгиба-кручения кристаллической решетки  $\alpha$ -фазы.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы является определение источников внутренних полей напряжения и зарождения микротрещин в материале, а так же изменения амплитуды кривизны-кручения кристаллической решетки  $\langle \chi \rangle$  и её составляющих  $\langle \chi_{пл.} \rangle$  и  $\langle \chi_{упр.} \rangle$  в горячедеформированной стали 30ХГСА по мере удаления от поверхности.

В качестве материала исследования использовали сталь 30ХГСА в горячедеформированном состоянии. Химический состав стали: 0,3 % С; 0,8-1,1% Сг; 0,8-1,1 % Мп; 0,8-1,1 % Si; 0,025 % Р; 0,025 % S; остальное железо по ГОСТу 4543-71. Структурные исследования образцов стали проводили в НИИ нанотехнологий и новых материалов ВКГТУ им Д. Серикбаева и в научных лабораториях Томского Государственного архитектурно-строительного университета (Россия) методами оптической микроскопии на НЕОРНОТ – 21, электронной дифракционной микроскопии на тонких фольгах на электронном микроскопе JEOL-2100 и рентгеноструктурного анализа на рентгеновском дифрактометре X'Pert PRO.

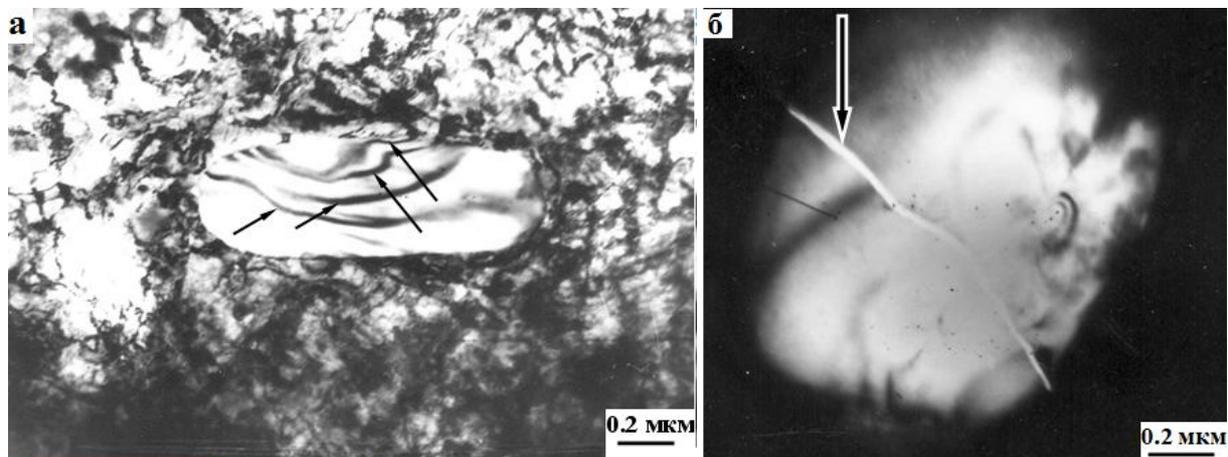
Результаты исследований показали, что основными источниками внутренних полей напряжений в деформированной прокатом исследуемой стали являются: 1) скалярная плотность дислокаций; 2) поляризация дислокационной структуры и избыточная плотность дислокаций; 3) границы и стыки дислокационных фрагментов; 4) карбидные частицы  $M_2C$ -типа, расположенные на границах фрагментов; 5) карбидные частицы  $M_6C$ -типа, расположенные в стыках фрагментов и 6) недеформируемые первичные карбиды  $M_6C$ , являющиеся основными источниками упругих полей напряжений. Наличие этих источников в условиях эксплуатации валка привело к созданию значительных внутренних напряжений. Их действие проявляется в появлении изгиба-кручения кристаллической решетки  $\alpha$ -фазы. Напомним, что при электронно-микроскопическом исследовании он проявляется в виде изгибных экстинкционных контуров, толщина которых обратно пропорциональна амплитуде изгиба-кручения кристаллической решетки [3].

На расстоянии 2мм от поверхности валка присутствуют частицы специального карбида  $M_6C$ -типа (рис.1) в сравнительно небольших количествах, однако они значительно влияют на механические свойства материала. Эти карбиды не содержат дислокаций и, по-видимому, в исследуемых условиях деформируются исключительно упруго (на это указывает наличие бездислокационных изгибных контуров внутри частиц, см. рис.2а). Вследствие этого в них запасена большая упругая энергия, которая идентифицируется по значительной величине кривизны-кручения кристаллической решетки.



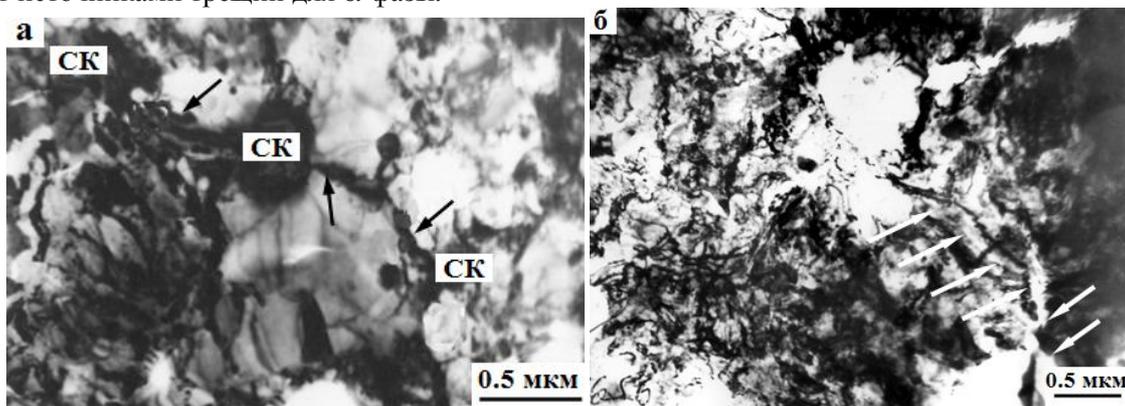
**Рис. 1.** Фрагментированная структура стали 30ХГСА после деформации прокатом (2 мм от поверхности валка). СК – частицы специального карбида  $M_6C$ , стрелками отмечены изгибные экстинкционные контуры, источниками которых являются частицы специального карбида  $M_6C$

Средняя амплитуда кривизны-кручения кристаллической решетки, измеренная по ширине бездислокационных изгибных контуров внутри частиц, оказалась равной  $7850 \text{ см}^{-1}$ , что соответствует амплитуде дальнедействующих полей напряжений 10670 МПа. Такие высокие поля напряжений в частицах специальных карбидов могут приводить к их растрескиванию. Это хорошо видно на рис.2б.



**Рис. 2.** Пример наблюдения экстинкционных контуров (а) в карбидной частице (контуры отмечены стрелками) и микротрещина внутри частицы карбида  $M_6C$  (отмечена стрелкой)

Имеет место взаимодействие полей напряжений близко расположенных карбидных частиц. Об этом свидетельствуют изгибные экстинкционные контуры, простирающиеся от одной частицы к другой (рис.3а). В исследуемом слое (расстояние 2 мм от поверхности валка) дальнедействующие поля вокруг частиц достигают величины 2000 МПа. Перестройки дислокационной структуры уже недостаточны для релаксации таких напряжений. Поэтому здесь возникает упруго-пластическое напряженное состояние. Единственный путь её релаксации – зарождение и распространение микротрещин [3,4]. Это и наблюдается в исследуемом материале (рис.3б). В этом случае частицы служат источниками трещин для  $\alpha$ -фазы.



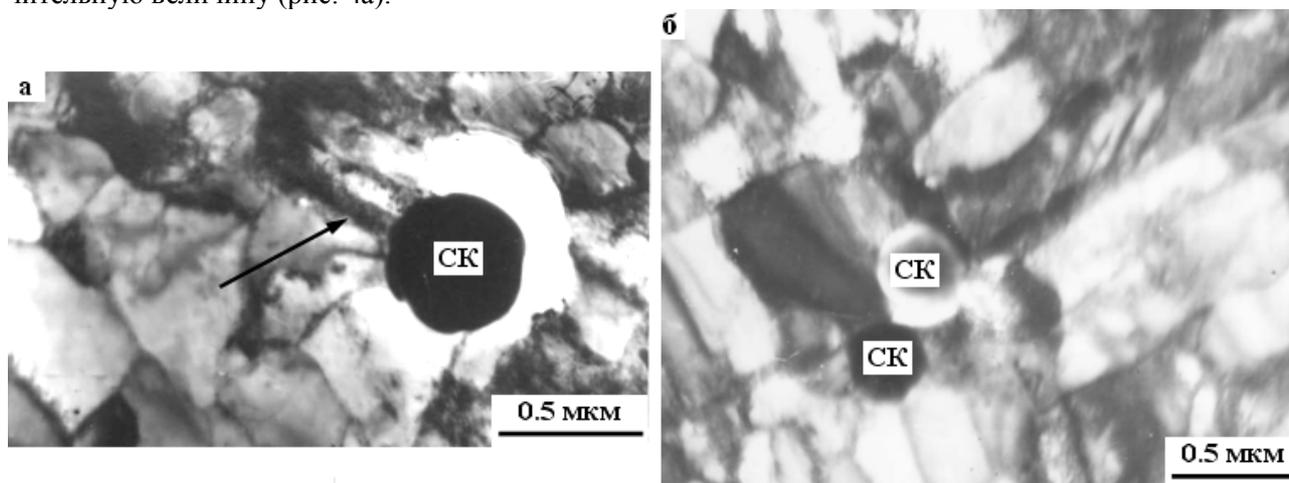
**Рис. 3.** Примеры наблюдения изгибных экстинкционных контуров (а) между карбидными частицами и микротрещины (б) по границам фрагментов[3] (траектории трещин отмечены стрелками)

Итак, микротрещины зарождаются в местах максимальных напряжений. Возникновение микротрещин действительно является релаксационным процессом. Об этом свидетельствуют затупление их острия и отсутствие вблизи их устья изгибных экстинкционных контуров. Таким образом, возникновение микротрещин приводит к уменьшению дальнедействующих полей напряжений и, соответственно, к уменьшению накопленной упругой энергии материала. Здесь наличие первичных карбидов – есть положительный фактор для продления работоспособности материала.

Микротрещины распространяются по границам раздела. Таковыми являются как “старые” границы зерен исходной мартенситной фазы и даже границы аустенитного зерна (наследованное зерно), так и сформировавшиеся в ходе горячей деформации границы фрагментов. Распространение микротрещин по “старым” границам облегчается сегрегациями на них, возникших в ходе термообработки, и по новым – также сегрегациями, созданными посредством “выметания” примесей из объема материала движущимися дислокациями. Известно [5], что в ходе деформации дислокации особенно хорошо переносят элементы внедрения.

Возникшие микротрещины следуют по границам раздела от одного карбида до другого и могут образовать магистральную разрушающую трещину. Таким образом, можно сказать, что наличие первичных карбидов является отрицательным фактором, т.к. их присутствие существенно уменьшает пластичность и работоспособность материала.

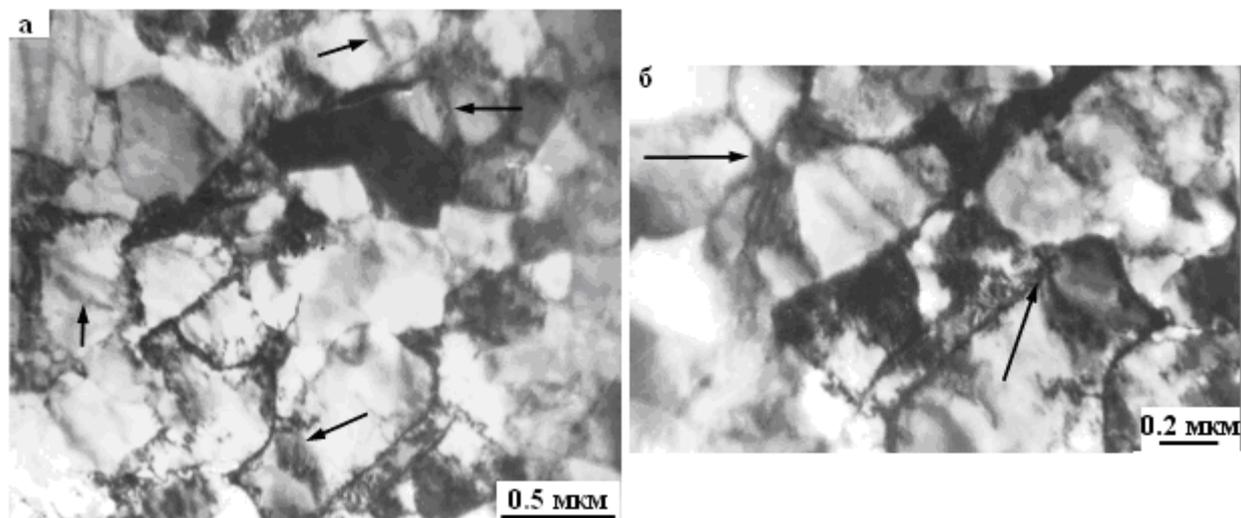
Первичные карбиды  $M_6C$ -типа, сохраняющимися после деформации, на расстоянии 0,5мм от поверхности валка, так же являются источниками внутренних напряжений, имеющей довольно значительную величину (рис. 4а).



**Рис. 4.** Фрагментированная структура стали 30XГСА после деформации прокатом (0.5 мм от поверхности валка). СК – частицы специального карбида  $M_6C$ : а – частица карбида  $M_6C$  является источником изгибных экстинкционных контуров (контур отмечен стрелкой); б – от карбидной частицы изгибных экстинкционных контуров нет

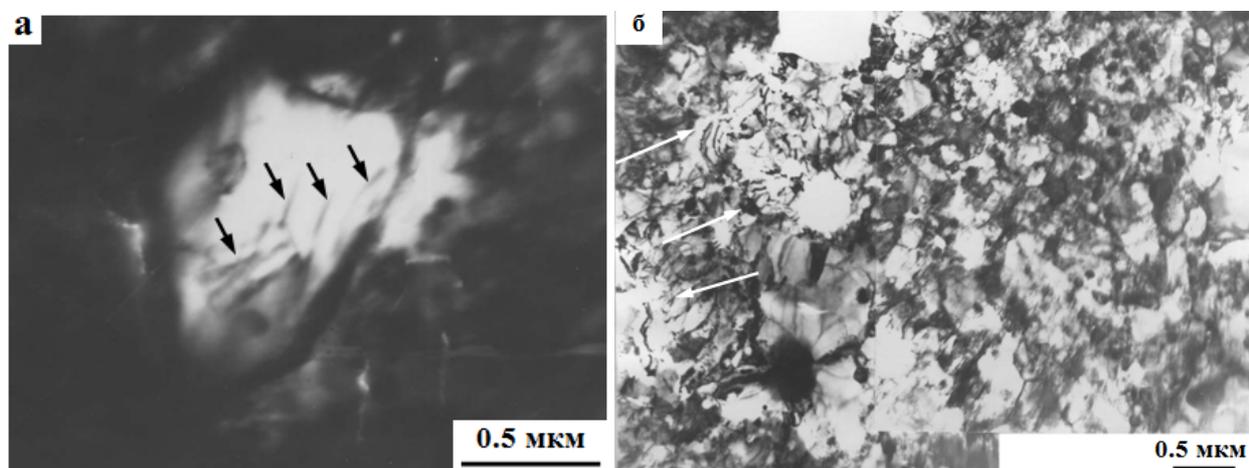
Совершенствование фрагментированной структуры и, возможно, температура привели к уменьшению скалярной плотности дислокаций на расстоянии 0,5 мм от поверхности валка. В среднем по материалу величина скалярной плотности дислокаций  $\rho=3.7 \cdot 10^{10} \text{ см}^{-2}$ . Уменьшилась и поляризация дислокационной структуры и дальнедействующие поля, ею обусловленные. Следует учитывать, что фрагментация является и механизмом релаксации. Даже вокруг крупных первичных карбидов образование фрагментов привело в ряде случаев к релаксации напряжений. Об этом свидетельствует отсутствие экстинкционных контуров возле крупных карбидных частиц (рис.4 б). Однако в других местах такие поля сохранились, и их амплитуда стала даже выше (рис.4. а), чем вдали от поверхности валка. Такие места, по-прежнему, могут являться причиной зарождения микротрещин.

На поверхности валка фрагменты продолжают очищаться от дислокаций. Мало дислокаций и, соответственно, связанные с ними поля напряжений. Обусловленные субструктурой, они встречаются лишь в отдельных местах, а именно на границах и стыках фрагментов (рис.5).



**Рис. 5.** Фрагментированная субструктура в деформированной прокатом стали 30ХГСА на поверхности валка. Источниками изгибных экстинкционных контуров являются границы (а) и стыки (б) фрагментов. Примеры контуров на (а) и (б) отмечены стрелками

Основными источниками полей напряжений на поверхности валка являются крупные первичные карбиды  $M_6C$ . Вблизи них дальнедействующие поля достигают 4000 МПа. Сами карбиды упруго напряжены (рис.6а). Дальнедействующие поля напряжений в карбидах достигают 10000 МПа. Естественно, что столь высокие поля напряжений релаксируют в виде микротрещин (рис.6б). Условия для распространения микротрещин по границам фрагментов улучшились, поскольку карбиды на них укрупнились и объемная доля возросла. Зарождение и развитие микротрещин от крупных первичных карбидов по границам фрагментов и зерен может привести к отслаиванию части материала от поверхности валка.



**Рис. 6.** Упруго напряженные первичные карбиды  $M_6C$ (а) и микротрещины от первичных карбидов (б) на поверхности валка деформированной прокатом стали 30ХГСА

Известно, что изгиб-кручение решетки может быть пластическим и упругим. В первом случае он обусловлен дислокационными зарядами, т.е. избыточной плотностью дислокаций, локализованной в некотором объеме материала [6]. Во втором – нерелаксированными упругими напряжениями, накопленными из-за несовместности деформации, например, зерен [7], матрицы металла и недеформируемыми частицами. Возможен и упруго-пластический изгиб, когда в материале присутствуют оба источника полей.

На рис.7 представлены изменения средней по материалу амплитуды кривизны-кручения кристаллической решетки  $\langle \chi \rangle$  и её составляющих  $\langle \chi_{пл.} \rangle$  и  $\langle \chi_{упр.} \rangle$  в деформированной прокатом стали 30ХГСА по мере удаления от поверхности валка. Видно, что по мере приближения к поверхности валка амплитуда  $\langle \chi \rangle$  уменьшается. Уменьшаются и её составляющие. Причем изгиб-кручение кристаллической решетки во всем исследуемом слое упругого происхождения. Он обусловлен несовместностью деформации карбидной фазы и  $\alpha$ -матрицы. Кроме того, на поверхности валка изгиб-кручение – чисто упругий, амплитуда  $\langle \chi_{пл.} \rangle = 0$ .

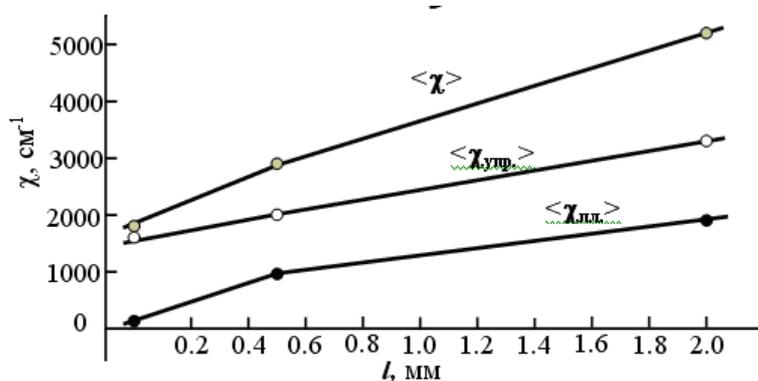


Рис. 7. Изменения средней по материалу амплитуды кривизны-кручения кристаллической решетки  $\chi$  и её составляющих (пластической  $\chi_{пл.}$  и упругой  $\chi_{упр.}$ ) в деформированной прокатом стали 30ХГСА по мере удаления от поверхности валка

Обсудим поведение  $\chi$  и её составляющих  $\chi_{пл.}$  и  $\chi_{упр.}$  отдельно в анизотропных и изотропных фрагментах. Для анизотропных фрагментов поведение  $\chi$ ,  $\chi_{пл.}$  и  $\chi_{упр.}$  представлено на рис.8. Как было показано выше, анизотропные фрагменты присутствуют в стали только на расстояниях 2 и 0,5 мм от поверхности валка. Из рис.8 видно, что амплитуда  $\chi$  по мере приближения к поверхности валка слабо уменьшается. Однако поведение составляющих  $\chi_{пл.}$  и  $\chi_{упр.}$  прямо противоположно:  $\chi_{пл.}$  уменьшается, а  $\chi_{упр.}$  – увеличивается. Это связано с тем, что, во-первых, по мере приближения к поверхности валка скалярная плотность дислокаций уменьшается, во-вторых, происходит изменение фазового состава. А именно, частицы цементита разрушаются и растворяются, освободившийся углерод идет на образование карбидов специального типа, одновременно происходит перераспределение карбидов между телом фрагментов и их границами.

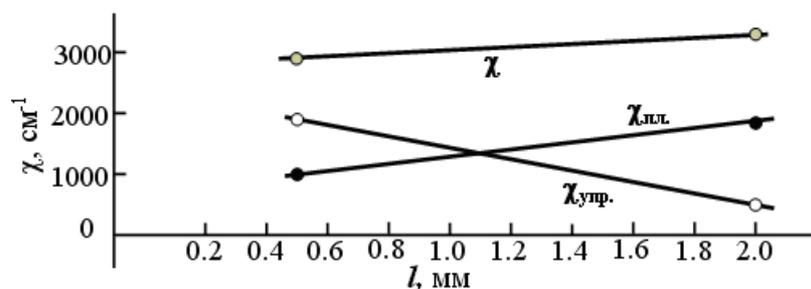
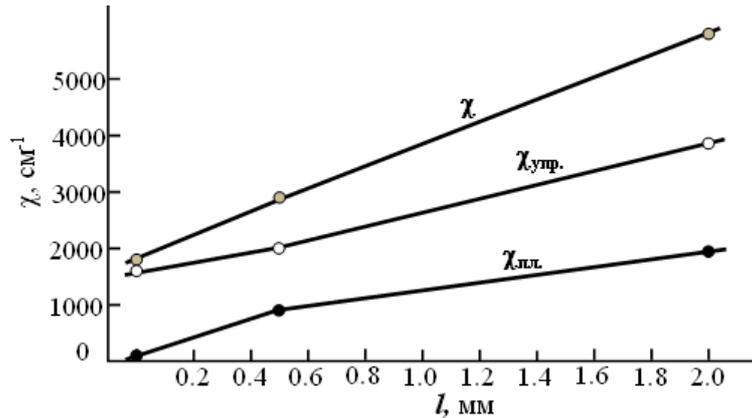


Рис. 8. Изменения в анизотропных фрагментах амплитуды кривизны-кручения кристаллической решетки  $\chi$  и её составляющих (пластической  $\chi_{пл.}$  и упругой  $\chi_{упр.}$ ) в деформированной прокатом стали 30ХГСА по мере удаления от поверхности валка

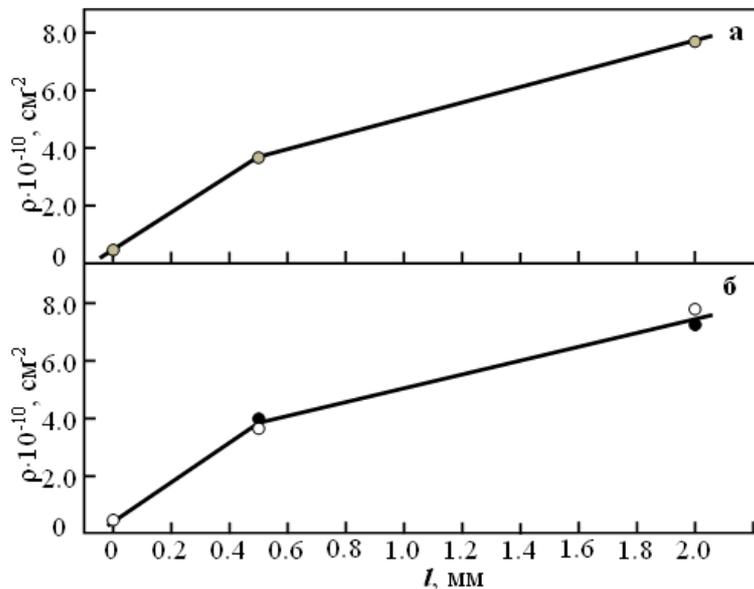
Изменения амплитуды  $\chi$  и её составляющих в изотропных фрагментах представлены на рис.9. Видно, что их поведение аналогично поведению средних по материалу  $\langle \chi \rangle$ ,  $\langle \chi_{пл.} \rangle$  и  $\langle \chi_{упр.} \rangle$ .



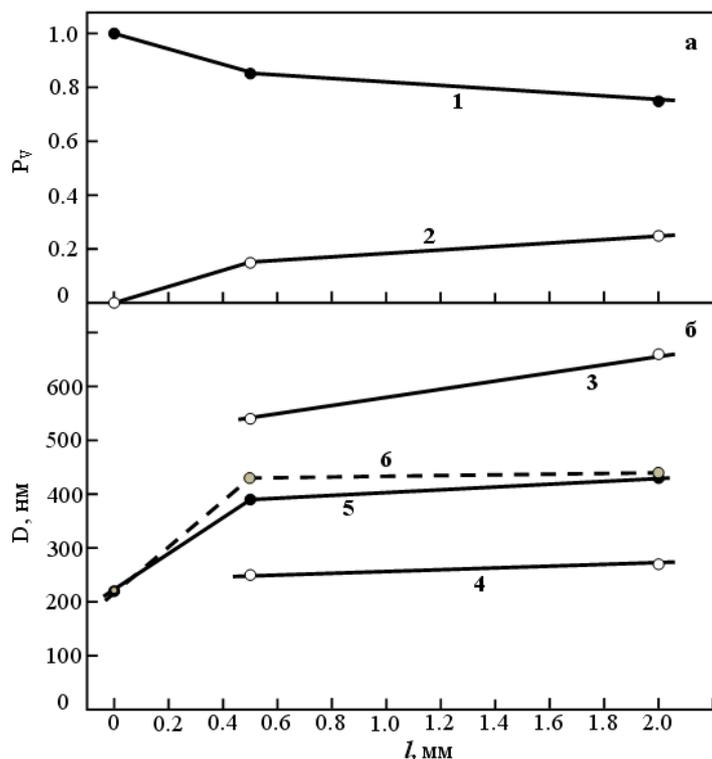
**Рис. 9.** Изменение в изотропных фрагментах амплитуды кривизны-кручения кристаллической решетки  $\chi$  и её составляющих (пластической  $\chi_{пл.}$  и упругой  $\chi_{упр.}$ ) в деформированной прокатом стали 30ХГСА по мере удаления от поверхности валка

Обратим внимание на то, что особенностью рис.7-9 являются высокие значения величин  $\langle\chi\rangle$  и  $\chi_{упр.}$ . Причина этого, как уже отмечалось выше, в большой объемной доле карбидной фазы в деформированной стали. Иными словами, это подобие композиционного материала. Хорошо известно, что в композиционном материале роль внутренних напряжений выше, чем в обычных материалах.

Данные рис.7-9 свидетельствуют о том, что амплитуда кривизны-кручения кристаллической решетки почти всегда выше в изотропных фрагментах. Очевидно, что изотропным фрагментам трудно испытывать дальнейшие фазово-структурные превращения, поэтому при довольно близких размерах и одинаковой плотности дислокаций (см. рис.10 и 11) изотропные фрагменты накапливают более высокое значение кривизны-кручения кристаллической решетки.



**Рис. 10.** Изменение скалярной плотности дислокаций во фрагментированной субструктуре по мере удаления от поверхности валка в деформированной прокатом стали 30ХГСА: а – средняя по материалу; б – в анизотропных (●) и изотропных (○) фрагментах



**Рис. 11.** Изменения количественных характеристик фрагментированной субструктуры по мере удаления от поверхности валка в деформированной прокатом стали 30ХГСА: а – объемная доля анизотропных (1) и изотропных (2) фрагментов; б – размер анизотропных (3 – продольный, 4 – поперечный), изотропных (5) и средний размер (6) фрагментов

Таким образом, на основании анализа полученных результатов исследования источников внутренних полей напряжения и зарождения микротрещин в материале, а так же изменения амплитуды кривизны-кручения кристаллической решетки в горячедеформированной стали 30ХГСА по мере удаления от поверхности валка можно сделать следующие выводы:

- установлено, что основными источниками внутренних полей напряжений являются: 1) скалярная плотность дислокаций; 2) поляризация дислокационной структуры и избыточная плотность дислокаций; 3) границы и стыки дислокационных фрагментов; 4) карбидные наночастицы  $M_2C$ -типа, расположенные на границах фрагментов; 5) карбидные наночастицы  $M_6C$ -типа, расположенные в стыках фрагментов и 6) недеформируемые первичные карбиды  $M_6C$ , являющиеся основными источниками упругих полей напряжений;

- определено, что зарождение и распространение микротрещин вокруг первичных карбидов является релаксационным процессом напряжений, здесь наличие первичных карбидов – есть положительный фактор для продления работоспособности материала;

- показано, что средняя по материалу амплитуда кривизны-кручения кристаллической решетки  $\langle \chi \rangle$  и её составляющие  $\langle \chi_{пл.} \rangle$  и  $\langle \chi_{упр.} \rangle$  по мере приближения к поверхности валка уменьшаются. Причем изгиб-кручение кристаллической решетки во всем исследуемом слое, в основном, упругого происхождения, а на поверхности валка изгиб-кручение – чисто упругий;

- установлено, что частицы карбидов на поверхности валка укрупняются, их объемная доля возрастает. Зарождение и развитие микротрещин от крупных первичных карбидов по границам фрагментов и зерен могут привести к отслаиванию части материала от поверхности валка.

Настоящая работа выполнена на основании Договора о сотрудничестве между Восточно-Казахстанским Государственным Техническим университетом им Д. Серикбаева и Томским Государственным архитектурно-строительным университетом от 2009 года и при финансовой поддержке АО “НАТР” РК, договор №475/189-209-11.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Levine L., Geantil P., Larson B., Tischler J., Kassner M., Liu W., Stoudt M., Tavazza F.* Disordered long-range internal stresses in deformed copper and the mechanisms underlying plastic deformation // *Acta Materialia*. - 2011. - № 59. - P. 5803–5811
2. *Kononov S.V., Atroshkina A.A., Ivanov Yu.F.* Evolution of dislocation substructures in fatigue loaded and failed strainless steel with the intermediate electropulsing treatment // *Materials Science and Engineering A*. - 2010. - № 527. - P. 3040-3043
3. *Скаков М.К., Козлов Э.В., Шеффлер М., Уазырханова Г.К.* Влияние термической обработки и деформации на дислокационную структуру стали 30ХГСА // *Вестник КазНТУ им. К. Сатпаева*. - 2012. - № 2 (90), - С. 91-98
4. *Ivanov Yu.F., Gromov V.E., Kononov S.V.* Electron-beam modification of the pearlite steel // *The Arabian Journal For Science And Engineering*. - 2009. - № 2A. - P 2129-229
5. *Козлов Э.В., Попова Н.А., Игнатенко Л.Н. и др.* Влияние типа субструктуры на перераспределение углерода в стали мартенситного класса в ходе пластической деформации // *Изв. вузов. Физика*. - 2002. - № 3. - С. 72-86.
6. *Штремель М.А.* Прочность сплавов. Дефекты решетки. - М.: Металлургия, 1982. - 280с.
7. *Панин В.Е., Лихачев В.А., Гриняев Ю.В.* Структурные уровни деформации твердых тел. - Новосибирск: Наука, 1985. - 229с.

REFERENCES:

1. *Levine L., Geantil P., Larson B., Tischler J., Kassner M., Liu W., Stoudt M., Tavazza F.* Disordered long-range internal stresses in deformed copper and the mechanisms underlying plastic deformation // *Acta Materialia*. 59 (2011) 5803–5811
2. *Kononov S.V., Atroshkina A.A., Ivanov Yu.F.* Evolution of dislocation substructures in fatigue loaded and failed strainless steel with the intermediate electropulsing threatment // *Materials Science and Engineering A*. - 2010. - № 527. - P. 3040-3043
3. *Skakov M.K., Kozlov E.V., Scheffler M., Uazyr Khanova G.K.* Vliyanie termicheskoi obrabotki i deformatsiy na dislokatsionnyuyu strukturu stali 30CrMnSi // *Vestnik KazNTU im K. Satpaeva*. - 2012. - № 2 (90), - S. 91-98
4. *Ivanov Yu.F., Gromov V.E., Kononov S.V.* Electron-beam modification of the pearlite steel // *The Arabian Journal For Science And Engineering*. - 2009. - № 2A. - P 2129-229
5. *Kozlov E.V., Popova N.A., Ignatenko L.N. i dr.* Vliyanie tipa substrukturny na pereraspredelenie ugleroda v stali martensitnogo klassa v khode plasticheskoi deformatsiy // *Izv. vuzov. Fizika*. - 2002. - № 3. - S. 72-86.
6. *Shtremel M.A.* Prochnost splavov. Defekty reshetki. - M.: Metllurgiya, 1982. - 280s.
7. *Panin V.E., Likhachev V.A., Grinyayev Yu.V.* Strukturnye urovni deformatsiy tverdykh tel. - Novosibirsk: Nauka, 1985. - 229s.

Скаков М.К., Уазырханова Г.К., Попова Н.А.

**Деформацияланған 30ХГСА болатының беттік қабаттарындағы кернеудің ішкі өрістерінің көздері және микросызаттардың пайда болуы.**

**Түйіндеме.** Ыстық деформациялау барысында 30ХГСА болатынан жасалған валдың беттік қабаттарындағы кернеудің ішкі өрістерінің көздері және микросызаттардың пайда болуы, тағы сол сияқты  $\alpha$ -фазасы кристалдық торының бұралу-қисығы амплитудасының сандық сипаттамасы қарастырылған. Деформацияланбаған  $M_6C$ -типті алғашқы карбидтер кернеудің серпімді өрістерінің негізгі көздері болып табылатыны тұжырымдалған. Валдың беткі қабатына жақындаған сайын кристалдық тордың бұралу-қисығының материал бойынша орташа амплитудасы кемитіні және зерттеліп отырған барлық қабаттардағы бұралу-қисығының табиғаты негізінен серпімді екені көрсетілген. Ірі алғашқы карбидтер әсерінен микросызаттардың пайда болуы және ары қарай дамуы валдың беткі бөлігінің үгітіліп түсуіне ықпал ететіні көрсетілген.

**Түйін сөздер:** кернеу өрістері, микросызаттар, бұралу-қисығының амплитудасы, ыстық деформациялау, дислокациялық сұбқұрылым, фрагменттелген сұбқұрылым.

Скаков М.К., Уазырханова Г.К., Попова Н.А.

**Источники внутренних полей напряжения и зарождения микротрещин в поверхностных слоях деформированной стали 30ХГСА.**

**Резюме.** Изучены источники внутренних полей напряжения и зарождения микротрещин, а также количественные характеристики изгиба-кручения кристаллической решетки  $\alpha$ -фазы в поверхностных слоях валка из стали 30ХГСА в ходе горячей деформации. Установлено, что недеформируемые первичные карбиды  $M_6C$ -типа являются основными источниками упругих полей напряжений. Показано, что средняя по материалу амплитуда кривизны-кручения кристаллической решетки по мере приближения к поверхности валка уменьшаются, причем изгиб-кручение кристаллической решетки во всем исследуемом слое, в основном, упругого происхождения. Определено, что зарождение и развитие микротрещин от крупных первичных карбидов по границам фрагментов и зерен может привести к отслаиванию части материала от поверхности валка.

**Ключевые слова:** поля напряжений, микротрещины, амплитуда кривизны-кручения, горячая деформация, дислокационная субструктура, фрагментированная субструктура

Skakov M.K., Uazyrkhanova G.K., Popova N.A

**Sources of internal stress fields and microcracks nucleation in deformed 30CrMnSi steel surface layers.**

**Summary.** Investigated sources of internal stress fields and microcrack nucleation. Also investigated were the quantitative characteristics of bending-torsion lattice  $\alpha$ -phase in the roll surface layers made of 30CrMnSi steel during hot deformation. Found that non-deformable  $M_6C$ -type primary carbides are main sources of elastic stress fields. It is shown that mean curvature-torsion amplitude of crystal lattice as it approaches roll surface is decreases. Bending-torsion of crystal lattice over the entire layer mainly of elastic origin. Determined, that origin and development of micro-cracks from large primary carbides at the fragments boundaries and grain can lead to flaking of material portion from roll surface.

**Keywords:** stress field, microcracks, curvature torsion amplitude, hot deformation, dislocation substructure, fragmented substructure.

УДК 519.7+621.394.67

**Б.С. Ахметов, Т.С. Картбаев, А.Ю. Малыгин, О.С. Захаров, А.И. Иванов, И.В.Огнев**

(Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева,

г. Алматы, Республика Казахстан)

(Пензенский государственный университет, Пенза, Российская Федерация)

(Московский энергетический институт, Москва, Российская Федерация)

**МЕТОД ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПОЯВЛЕНИЯ ОШИБОК НЕЙРОСЕТЕВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ БИОМЕТРИЯ-КОД, ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ ОЧЕНЬ МАЛЫЕ ТЕСТОВЫЕ ВЫБОРКИ\***

**Аннотация.** Рассматривается оценка вероятности отказа в доступе легальному пользователю при биометрической идентификации. Показано, что тестовые выборки можно уменьшить в несколько раз, если не ожидать редкие события появления ошибок, а предсказывать вероятность их появления. Для описания распределения вероятности ошибок с разным значением расстояний Хэмминга предложено использовать хи-квадрат распределение с очень малым значением числа степеней свободы для сильно коррелированных данных.

**Ключевые слова:** оценка вероятности редких событий, оценка рисков, биометрия, хи-квадрат распределение с очень малым числом степеней свободы.

Быстрая обработка больших объемов данных вполне возможна, если переходить к новым вычислительным процедурам и параллельной высокоразмерной нейросетевой обработке. Ранее это было невозможно из-за того, что большие нейронные сети не удавалось обучать. Эта проблема была решена, в России были созданы быстрые абсолютно устойчивые алгоритмы автоматического обучения больших и сверхбольших искусственных нейронных сетей [1,2], которые легли в основу национального биометрического стандарта ГОСТ Р 52633.5-2011 [3].

После того как была решена проблема быстрого автоматического обучения больших искусственных нейронных сетей их можно использовать в разных приложениях. В том числе возможно упорядочивание больших баз данных (например, всего Интернет-пространства) по близости к тому или иному образу. Технология поиска и сортировки оказывается очень похожа на технологию нейросетевой биометрии [1,2], преобразующей любой образ в некоторый длинный код. При этом возникла на-

\* Статья подготовлена в рамках выполнения проекта «Исследование вариантов реализации и разработка действующего лабораторного образца ON-LINE системы биометрического обезличивания электронных историй болезней для медицинского учреждения» в соответствии с приказом председателя Комитета науки МОН РК №17-нж от 08.04.2013 г.

учная проблема необходимости учета коррелированности разрядов, возникающих на выходах обученной нейронной сети кодов.

Рассмотрим самый простой преобразователь  $n$  биометрических данных человека в код длиной  $n$  бит. Для определенности будем предполагать, что код «Свой» преобразователя известен и состоит только из состояний "1". Появление хотя бы одного состояния "0" в коде приводит к отказу в доступе донору биометрического образа «Свой». Для оценки качества работы преобразователя биометрия-код необходимо уметь вычислять вероятности ошибок первого и второго рода, сводящиеся к вычислению вероятности совместного появления длинных цепочек множества зависимых событий. В частности, для преобразователя 256 биометрических параметров в код длиной 256 бит необходимо учитывать 256 правил сравнения. Проблема осложняется тем, что биометрические параметры сильно зависимы, средний модуль коэффициента корреляции биометрических параметров составляет  $r = 0.3$ .

В случае если события независимы (не коррелированы) вероятность их совместного появления можно рассчитать, воспользовавшись биномиальным законом:

$$P(n, m, p) = \frac{n!}{m!(n-m)!} \cdot p^m \cdot (1-p)^{n-m}, \quad (1)$$

где  $n$  – число учитываемых биометрических параметров;

$m$  – число угадывания биометрических параметров;

$p$  – средняя вероятность угадывания состояний по всем  $n$  параметрам.

Следует подчеркнуть, что в выражении (1) содержание параметра  $p$  отличается от классического биномиального закона по своему смыслу. В классическом варианте биномиального закона распределения параметр  $p$  – это одинаковая вероятность совпадения по каждому из параметров. Классический вариант закона распределения получен, исходя из схемы испытаний Бернулли, когда подбрасывается  $n$  раз одна и та же монета. В классическом случае параметр  $p$  – это вероятность попадания монеты в состояние "0". При равновероятном попадании монеты в состояние "0" и "1" параметр  $p$  равен 0.5.

Изменим схему испытаний Бернулли и будем бросать  $n$  монет (горсть монет), каждая из которых имеет свой параметр  $p_i$ . Модифицированная схема испытаний Бернулли требует усреднения параметра  $p_i$  по всем монетам:

$$p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \quad (2)$$

Ещё одним важнейшим фактором модифицированной схеме испытаний Бернулли является появление зависимости (коррелированности) между конечными состояниями брошенных монет. Оценить эту зависимость можно через среднее значение модулей коэффициентов корреляции биометрических данных:

$$r = \frac{1}{n^2} \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n |r_{i,j}| \right) - \frac{1}{n} \quad (3)$$

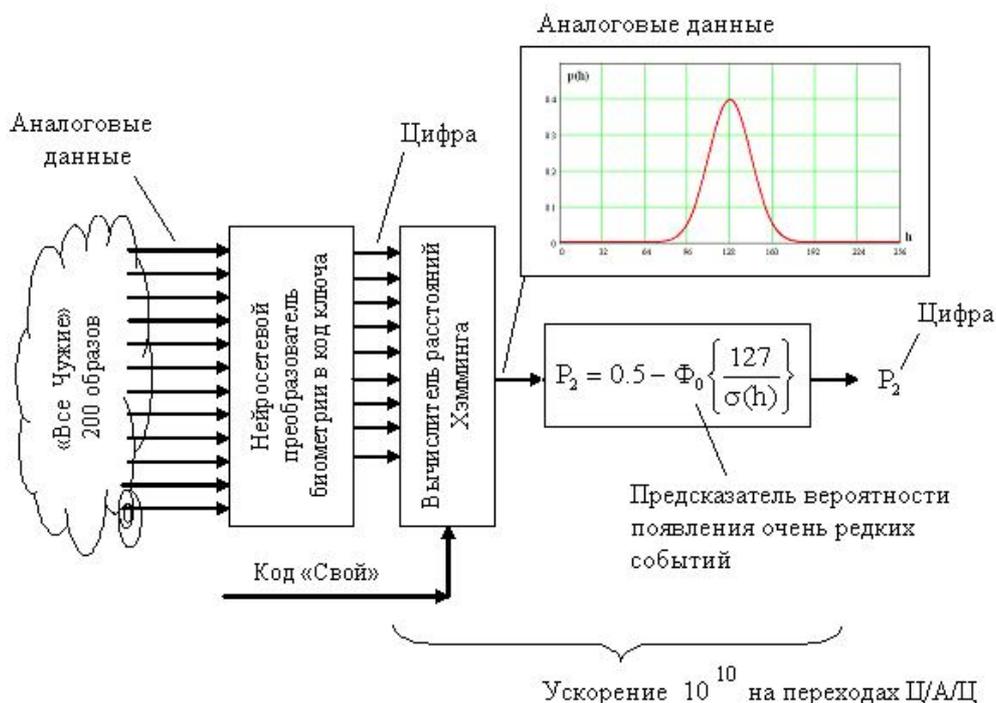
Учёт усредненного значения модулей корреляционных связей (3) в виде четырехмерной функции  $P(n, m, p, r)$  даёт возможность делать более реалистичные оценки вероятностей при тестировании биометрических средств.

Отметим, что биометрические коды длиной 256 бит могут обеспечивать стойкость к атакам подбора злоумышленника, который не знает образ "Свой" на уровне  $10^{12}$  и выше попыток подбора. Это означает, что для достоверной оценки вероятности появления ошибок второго рода (ошибочный пропуск «Чужого») обычными статистическими методами требуется тестовая база, состоящая из миллиардов образов «Чужой». Создавать подобные базы дорого, кроме того, их использование не гарантирует верный результат из-за их неоднородности.

В России эта проблема решается национальным стандартом ГОСТ Р 52633.3-2011 [1]. Согласно этому стандарту необходимо перейти от анализа обычных кодов к статистической обработке состояний Хэмминга между кодом «Свой» и кодом «Чужие».

$$h = n - m \quad (4)$$

Схема тестирования, рекомендуемая национальным стандартом России, приведена на рисунке 1.



**Рис. 1.** Схема ускоренного тестирования вероятности ошибок второго рода

Выигрыш при переходе к исследованию статистик кодов Хэмминга от исследования статистик обычных кодов огромен. Он обусловлен тем, что для больших значений  $n$  распределение расстояний Хэмминга хорошо описывается нормальным законом. Это позволяет отказаться от ожидания появления редких дискретных событий коллизии кодов "Свой" и "Чужой". Достаточно вычислить математическое ожидание расстояний Хэмминга  $E(h)$  и их стандартное отклонение  $\sigma(h)$  по выборке всего из 200 примеров образов "Чужой". Миллиарды образов для вычисления математического ожидания и стандартного отклонения нормального закона не нужны. Именно по этой причине выигрыш для кодов длиной 256 бит составляет  $10^{10}$  (десять в десятой степени) при тестировании преобразователей биометрия-код.

Следует подчеркнуть, что длина выходного кода «Свой» может быть любой, по мере увеличения длины кода растет выигрыш от сокращения времени тестирования. На данный момент наибольший реальный выигрыш, который уже удалось получить, составляет  $10^{80}$  (десять в 80 степени). Все эти огромные ускорения удаётся получить, опираясь на то что биномиальный закон (1) в пределе становится нормальным для показателей  $p = 0.5$  и  $r \leq 0.37$ .

При тестировании преобразователей биометрия-код ещё одной принципиально важной характеристикой является вероятность ошибок первого рода (ошибочный отказ в доступе донору образов "Свой"). Для биометрических кодов образа "Свой" характерна совершенно иная предельная ситуация, соответствующая практически единичной корреляции и нулевой энтропии:

$$\begin{cases} |r| \approx 1 \\ H(n) \approx 0 \end{cases} \quad (5)$$

В этом предельном случае гипотеза независимости данных абсолютно не работает, все разряды выходного кода очень сильно коррелированы. Необходимо знать, к какому предельному распределению стремится биномиальный закон при выполнении условия (5).

Проведённые исследования показали, что предельным распределением биномиального закона является  $\chi^2$  распределение с почти нулевым числом степеней свободы:

$$P(n, h, p \approx 0.5, r \rightarrow 1) \rightarrow \chi^2(\omega \approx 0), \quad (6)$$

где  $\omega$  – число степеней свободы в первом приближении, описывающее нормированное расстояние Хэмминга, обнаруженное при первом отказе «Своему» в  $k$  опытах:

$$\omega = \frac{h}{k} \quad (7)$$

Если при проведении  $k$  опытов были обнаружены несколько ошибок с ненулевыми значениями расстояний Хэмминга, то число степеней свободы  $\chi^2$  распределения вычисляется как среднее расстояние Хэмминга:

$$\omega = E(h) \approx \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k h_i \quad (8)$$

В случае, когда в проведенной серии испытаний, состоящей из  $k$  опытов, не обнаружен факт отказа в доступе, расчёт числа степеней свободы осуществляется, исходя из гипотезы, что в следующем  $(k+1)$  испытании будет обнаружена минимальная ошибка в один бит:

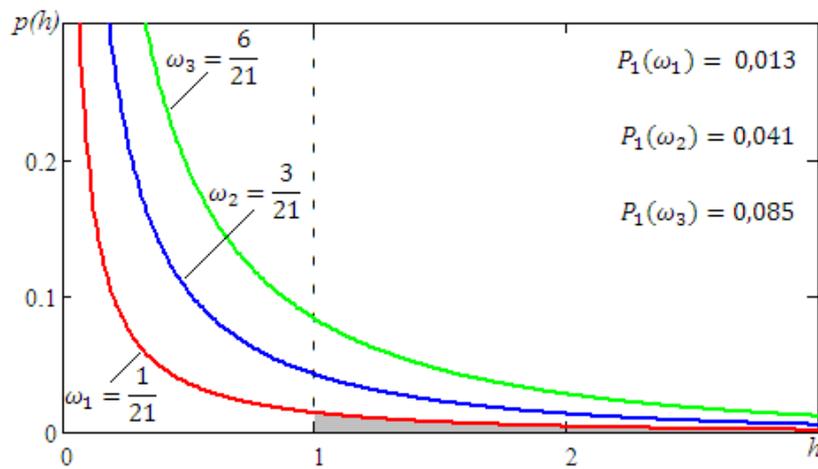
$$\omega = \frac{1}{k+1} \quad (9)$$

Для того чтобы сократить время тестирования (объём тестовой выборки) от 3 до 10 раз, оценку вероятности ошибок первого рода следует выполнять по следующей формуле:

$$P_1 \approx \int_1^{\infty} \frac{1}{2^{\frac{\omega}{2}} \cdot \Gamma\left(\frac{\omega}{2}\right)} \cdot x^{\frac{\omega}{2}-1} \cdot e^{-\frac{x}{2}} \cdot dx, \quad (10)$$

где  $\Gamma(\cdot)$  – гамма функция.

Примеры оценки вероятности ошибок первого рода по формуле (10) приведены на рисунке 2.



**Рис. 2.** Примеры оценки вероятностей ошибок первого рода по хи-квадрат распределению с малыми показателями числа степеней свободы

Вычисление усреднённого показателя корреляции между разрядами кодов «Свой» производится по следующей формуле:

$$r \approx \left(1 - \frac{2 \cdot E(h)}{n}\right) \quad (11)$$

То есть длина биометрического кода  $n$  начинает играть существенную роль только при оценке среднего модуля коэффициентов корреляции между биометрическими данными. Формула (11) является грубым приближением и работает только для очень больших значений модулей коэффициентов корреляции. При более точном вычислении необходимо дополнительно учитывать среднеквадратическое отклонение расстояний Хэмминга [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Язов Ю.К., Волчихин В.И., Фунтиков В.А., Иванов А.И., Назаров И.Г. Нейросетевая защита персональных биометрических данных. – М.: Радиотехника, 2012. – 160 с.
2. ГОСТ Р 52633.3-2011 «Защита информации. Техника защиты информации. Тестирование стойкости средств высоконадежной биометрической защиты к атакам подбора».
3. В. Akhmetov, A. Ivanov, V. Funtikov, I. Urnev. Evaluation of Multidimensional Entropy on Short Strings of Biometric Codes with Dependent Bit //«Progress in Electromagnetics Research Symposium» PIERS Proceedings, August 19-23. – Moscow, Russia, 2012. – P.66-69.
4. Иванов А.И., Фунтиков В.А., Майоров А.В., Надеев Д.Н. Моделирование кодовых последовательностей с энтропией естественных и искусственных биометрических языков//Инфокоммуникационные технологии. – 2010. – №4. – С. 75-79.

Ахметов Б.С., Захаров О.С., Иванов А.И., Малыгин А.Ю., Огнев И.В.

**Метод оценки вероятностей появления ошибок нейросетевых преобразователей биометрия-код, использующий очень малые тестовые выборки.**

**Түйіндеме.** Биометриялық идентификация негізінде ресми қолданушылардың жүйеге кіруге қателіктің ықтималдығын бағалау қарастырылады. Егер қатенің пайда болуының сирек жағдайы күтілмей, олардың пайда болуының ықтималдылығын болжаса, тестілік іріктеуді бірнеше рет қысқартуға болатындығы көрсетілген. Өртүрлі Хэмминг қашықтықтары мәнімен ықтималды қателіктерді үлестіруді сипаттау үшін өте кіші мәнді корреляцияланған мәліметтерге хи-квадрат үлестірілуін қолдану ұсынылған.

**Кілттік сөздер:** сирек оқиғалар ықтималдылығын бағалау, тәуекелділікті бағалау, биометрия, хи-квадрат үлестіру.

Akhmetov B.S., Zakharov O.S., Ivanov A.I., Kartbaev T.S., Malygin A.Y., Ognev I.V.

**Method of the assessment of emergence probabilities of errors of neuronetwork converters the biometrics-code, using very small test selections.**

**Resume.** In this article is considered the estimation of the probability of the denial access of the official user in biometrics. It shown, that the test samples can be reduced several times if not to expect rare events of appearance the errors, but to predict the probability of their appearance. To describe the distribution of the probability of errors with different value of Hamming distance offered to use a chi-square with very small value of number of freedom levels for strongly correlated data.

**Keywords:** evaluation of the probability of rare events, risk assessment, biometrics, chi-square distribution with a very small number of degrees of freedom.

УДК 621.51/54

**К.А. Омаров, У. Лунлун**

(Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан,)

**ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПНЕВМАТИЧЕСКОМ ПОЗИЦИОННОМ ПРИВОДЕ РОБОТА**

**Аннотация.** Исследование динамики приводов подвижных звеньев робота с использованием численных методов является актуальной задачей.

Анализ применения аналитических методов при исследовании пневматического позиционного привода позволил установить, что данные методы допускают решение с удовлетворительной точностью в довольно узком диапазоне изменения параметров и переменных [1]. Следовательно, важное значение приобретает применение численных методов при исследовании динамики приводов подвижных звеньев



привода, а так же необходимые начальные условия. Контроль правильности ввода исходных данных осуществляется последующей выдачей на печать.

Помимо четырех основных блоков, отражающих непосредственно конструктивную схему любого привода, в вычислительный алгоритм и программу должны входить блоки и соответствующие им программные модули, не имеющие аналогов среди функциональных элементов пневматического привода. Их следует условно разделить на две основные группы.

В первой группе – блоки алгоритмов и представляющие их программные модули, отражающие особенности принятого способа решения задачи. Так, для исследования привода всегда требуется генератор внешних управляющих воздействий. В данном блоке формируются сигналы, которые должны быть обработаны системой привода. По реакции привода на эти сигналы необходимо судить о его динамических качествах. В зависимости от поставленной задачи и способа ее решения форма управляющих сигналов может быть самой разнообразной – от простых стандартных тестовых сигналов (синусоидальных, ступенчатых и других) до сигналов произвольного вида, имитирующих управление реальными объектами.

К этой же группе блоков необходимо отнести и блок останова, который еще в процессе решения исходных уравнений оценивает по заданным признакам работа пневматического привода и выдает команду на останов по одному из задаваемых критериев. При введении в программу модуля останова расчеты большого числа вариантов при минимальных затратах машинного времени автоматизируются. Решение останавливается при следующих условиях: при  $t > t_k$ , где  $t_k$  – верхняя граница интервала времени, за пределами которого решение задачи нецелесообразно при удовлетворении условий точности позиционирования; при возникновении колебаний с возрастающей амплитудой. В блоке останова могут быть учтены и другие требования к останову решения, характерные для каждой конкретной задачи. Функционирование блока останова должно быть связано с блоком обработки результатов. Применение вышеназванных блоков в комплексе приводит к созданию автоматизированной системы обработки результатов при рассмотрении и расчете большого числа вариантов, а также (при введении соответствующих критериев) системы поиска оптимальных параметров. На печать выводится только конечный результат, предусматривается и возможность вывода (по требованию) значений параметров, изменяющихся во времени, для контроля за достоверностью расчета.

Ко второй группе модулей, не имеющих аналогов среди функциональных элементов привода, относятся те из них, которые необходимы для реализации собственно вычислительного процесса и для организации связей между модулями, а также блоки обращения к стандартным программам, блоки динамического распределения оперативной памяти, ввода и вывода исходной информации и т.д. Наиболее важным из этой группы является диспетчер, предназначенный для управления программой. Управление представляет собою выделение и компоновку соответствующих модулей, организацию связей между основными и вспомогательными блоками.

Представленная программа расчета предназначена для исследования динамики и выбора оптимальных параметров пневматического позиционного привода подвижных звеньев робота с дискретной системой управления. Данная программа гибкая и удобная в обращении, позволяющая достаточно просто вносить дополнения с целью учета новых особенностей приводов, изменений в их структуре и методах исследования.

### **Выводы**

Анализ конструктивных схем позиционных пневматических приводов звеньев робота позволил представить их в виде сочетания четырех основных функциональных элементов. Построение алгоритма и вычислительной программы основано на использовании блочного принципа.

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Подчуфаров В.М. Современное состояние и некоторые перспективы развития теории пневматических (газовых) сервомеханизмов. // Пневматические приводы и системы управления. – М.: Наука, 1991 – С.86-90.
2. Герц Е.В., Крейнин Г.В., Полякова М.А. Алгоритм получения и решения на ЭВМ уравнений динамики сложных пневматических систем. – М.: Машиностроение, №5, 1989 – С.108-112.
3. Герц Е.В. Пневматические приводы. – М.: Машиностроение, 1989 – 320с.
4. Балакишин О.Б., Павлов Б.И. Способы построения обобщенных модулей пневматических устройств и алгоритмов программ широкого профиля для исследования на ЭВМ. – М.: Машиноведение, №4, 1984 – С.87-92.

Омаров К.А., Лун У.

**Роботтың ауалық (пневматикалық) позициялық жетегіндегі динамикалық процестері.**

Төрт негізгі функционалды элементтердің сәйкестігімен шығарылған, позициялық-пневматикалық жетектердің конструктивті сұлбасы анализделінген және қарастырылған.

Алгоритм мен есептеу бағдарламасының құрылуының блоктық принципі ұсынылды. Пневматикалық жетектің нақты сұлбасының жұмыс бағдарламасы, ДЭЕМ қолданылған дайын блок бөлігінен құрылуына негізделген.

Омаров К.А., У Лунлун.

**Динамические процессы в пневматическом позиционном приводе робота.**

Резюме. Рассмотрены и проанализированы конструктивные схемы позиционных пневматических приводов, выраженные сочетанием четырех основных функциональных элементов.

Предложен блочный принцип построения алгоритма и вычислительной программы. Рабочая программа конкретной схемы пневматического привода основывается на составлении ее из готовых подблоков с использованием ПЭВМ.

Omarov K., Lundun U.

**Dynamic processes in the pneumatic position drive of the robot.**

The constructive schemes of position pneumatic drives expressed by a combination of four basic functional elements are considered and analysed.

The block principle of creation of algorithm and the computing program is offered. The working program of the concrete scheme of the pneumatic drive is based on drawing up it from ready subblocks with PEVM use.

УДК 504.7:621.643.053-047.43

**С.Е. Мананбаева, А.С. Бегимбетова, Т.С. Санатова**

(Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Республика Казахстан)

**ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСОВ МЕТАНА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АО «ИНТЕРГАЗ ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ»**

АО «Интергаз Центральная Азия» осуществляет хозяйственную деятельность по транспортировке природного газа по магистральным газопроводам РК для внутреннего потребления газа в стране. А также компания оказывает услуги по международному транзиту газа с целью достижения, которой является увеличение доходности газотранспортной системы страны и обеспечения экономических интересов РК [1].

Одной из основных целей развития газотранспортной системы страны, определенной Программой развития газовой отрасли РК до 2010 года, утвержденной Постановлением Правительства РК за № 669 от 18 июня 2004 года, является «реализация мер по технической реконструкции объектов газотранспортной системы для обеспечения технической и экологической безопасности при их эксплуатации...»

Решение этой задачи неразрывно связано с выполнением комплекса мероприятий по охране окружающей среды и применением новых технологий на базе достижений научно-технического прогресса. При этом экологическая политика компании направлена на стабилизацию экологических рисков и обеспечение экологической безопасности при производственной деятельности предприятия.

Одной из значимых ситуаций, влияющих на выбросы ПГ, является авария, возникающая при работе технологического оборудования. Данный анализ опасностей и рисков при эксплуатации магистральных газопроводов выполнен на основе изучения сведений об известных авариях, несчастных случаях, пожарах и неполадках, имевших место на производственных объектах УМГ «Южный», а также на других, аналогичных по технологической схеме газопроводах. При этом рассмотрены различные сценарии аварийных ситуаций, изучены условия их возникновения и развития, произведена оценка риска аварий и чрезвычайных ситуаций с использованием различных методик анализа [2-4].

Причины возникновения и сведения об отказах на линейной части и стационарных сооружениях магистральных газопроводов УМГ «Южный» за последние пять лет согласно сведениям об известных авариях за 2004–2009 г. приведены в таблице 1.

Таблица 1. Сведения об аварийных отказах

№ п/п	Перечень аварий и неполадок	Дата	Характеристика аварий и неполадок
На объектах УМГ «Южный»			
1.1.	на магистральном газопровод БГР-ТБА 2-я нитка Ду-1020 на участке 742 км произошла разгерметизация (разрыв без возгорания) газопровода	06.12.2008	- дефект основного металла трубы: расслоение;
1.2	на участках 724-731км, 741км, 748 км, 756 км прекратилась работа устройств электрохимзащиты подземной части МГ БГР-ТБА	14.02.2009	- обледенения проводов и разрушения опор ВЛ 10кВ
На аналогичных объектах АО «Интергаз Центральная Азия»			
2.1	На 390 км лупинга МГ САЦ-2 в районе узла подключения цеха КС-5 УМГ «Атырау» произошел разрыв магистрального газопровода с возгоранием	11.02.2004	- неравномерная язвенная коррозия глубиной до 14 мм язвенными повреждениями продольного и поперечного швов
2.2	На 718 км лупинга САЦ-2 на расстоянии 23 м от КС «Макат» УМГ «Атырау» произошел разрыв с возгоранием	27.04.2004	- разрыв металла трубы в области 6–7 часового пояса, где в результате коррозии толщина стенки трубы уменьшилась до 2 мм.
2.3	На 877 км МГ САЦ-3 УМГ «Атырау» произошел разрыв трубопровода с возгоранием	18.08.2004	- неравномерная язвенная коррозия
2.4	Разрыв на 924 км МГ САЦ-2 УМГ «Атырау»	20.05.2004	- при проведении планового пневматического испытания с 913 км по 982 км, при поднятии давления до 39,4 кг/см <sup>2</sup> произошел разрыв газопровода с выбросом газа.
2.5	На 774 км МГ «Окарем-Бейнеу» УМГ «Атырау» произошел разрыв	30.07.2007	- воздействие высокой тепловой температуры горячей нефти, разлившейся при аварии на параллельном участке н/п АО «КазТрансОйл», проходящего в одном техническом коридоре с газопроводом.

Всего за пять лет там произошло четыре аварийных отказа. В этой же таблице приводятся данные по АО "Интергаз Центральная Азия".

Отказы в эксплуатации линейной части магистральных газопроводов можно классифицировать по следующим видам:

- внешние антропогенные воздействия;
- подземная и внутренняя коррозия труб;
- качество производства труб;
- качество строительно-монтажных работ;
- конструктивно-технологические факторы;
- природные воздействия;
- эксплуатационные факторы;
- дефекты металла труб и оборудования, сварных швов.

Как известно, по мере увеличения срока эксплуатации коррозия трубопроводов и оборудования возрастает. Магистральные газопроводы УМГ «Южный» пролегают в зоне сейсмической активности, что повышает вероятность отказов по причине природных воздействий. Необходимо учесть, чтобы при проектировании объектов учитывались возможные природные воздействия районов их расположения на надежность зданий и сооружений.

Длительная эксплуатация трубопроводов приводит к увеличению вероятности усталостного разрушения металла труб и оборудования. С учетом этих факторов, вероятность отказов, связанных с износом оборудования и труб, не исключается.

На долю магистральных газопроводов приходится подавляющее количество крупных аварий и отказов во всей газовой промышленности. Линейная часть трубопроводов является потенциальным источником взрыво-пожароопасности со значительным энергетическим потенциалом и масштабами негативного воздействия на окружающую среду до нескольких сот метров. В связи с этим особое значение приобретает исследование масштабов распространения поражающих факторов в окружающем пространстве, а также расчет показателей риска для людей в полосе прохождения трассы (зонирование территорий).

Аварии на объектах газотранспортных предприятий могут быть связаны не только с разрушениями магистральных газопроводов, но и с утечками газа и его взрывным сгоранием внутри различных производственных помещениях, например, в компрессорных цехах, зданиях редуцирования и измерения расхода газа на ГРС и др.

Из анализа статистических данных по отказам и авариям на компрессорных станциях КС можно сделать вывод, что основными причинами и факторами, способствующими их возникновению являются:

- повышенная вибрация трубопроводов, а также просадки трубопроводов и опор;
- дефекты изготовления оборудования (в первую очередь фасонных частей и арматуры);
- погрешности монтажа;
- коррозия и износ.

Одним из наиболее потенциально опасных элементов на КС является *технологическая обвязка ГПА*, которая представляет собой сложную пространственно-стержневую конструкцию с многократными изгибами и большим количеством жестких и скользящих опор, испытывающую переменные нагрузки, возникающие со стороны нагнетателя. Пространственные изгибы труб на территориях КС имеются также в многочисленных переходах надземных участков в подземные.

Наиболее тяжелые последствия возникают при выбросе природного газа в результате значительной разгерметизации (разрушение) технологического оборудования, содержащего природного газ, при чрезвычайных ситуациях природного характера (землетрясение, ураган) и

Аварии на линейной части МГ и площадочных объектах могут создавать локальные и местные ЧС. Основным негативным последствием аварии, является загрязнение окружающей природной среды.

Количество опасного вещества, способного участвовать в аварии приведено в таблице 2 [5].

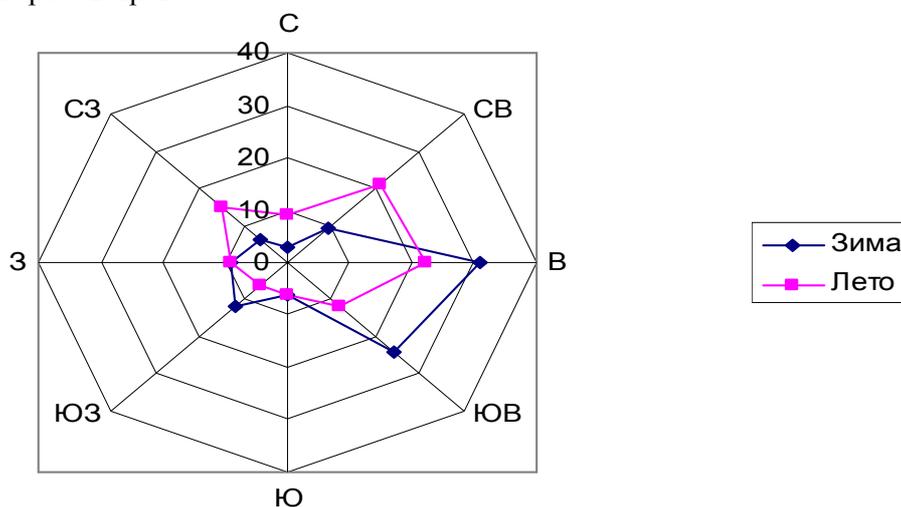
Таблица 2. **Количество опасного вещества, способного участвовать в аварии**

№ п/п	Описание аварии	Основной поражающий фактор	К-во опасного вещества
1	2	3	4
Линейная часть			
1	Гильотинный разрыв газопровода	Выброс ПГ, токсическое воздействие, тепловое излучение	от 232,34 кг/сек
2	Гильотинный разрыв газопровода с образованием струевых факелов в котловане		от 272,2 кг/сек
3	Гильотинный разрыв газопровода с образованием асимметричных струевых факелов		от 226,85 кг/сек
4	Гильотинный разрыв газопровода с образованием симметричных струевых факелов		от 150,54 кг/сек
5	Гильотинный разрыв газопровода, выброс газа с последующим возгоранием ГПВС		от 60,88 кг/сек
Площадочные объекты			
6	Разгерметизация газоперекачивающего агрегата или сосуда, работающего под давлением, с возгоранием ТВС	Избыточное давление, тепловое излучение	до 6888 кг

Анализ данных таблицы 2 показывает, что наибольший объем метана выбрасывается в атмосферу при авариях на магистральных газопроводах. Программное обеспечение «Магистраль. 9,0» предназначено для расчета параметров выброса газовой смеси, тепловых полей от факела пожара при гильотинном разрушении газопровода и осуществления зонирования территории вблизи трубопровода по критерию индивидуального риска. В данной программе реализованы научно-методические подходы в соответствии с математическими моделями СТО РД 39-1.10-084-2003 на основе методов численного интегрирования [6].

*Гильотинный разрыв газопровода* (расчет выполнен для зимы) УМГ «Южный», магистральный газопровод БГР-ТБА.

В расчете рассматривался участок магистрального газопровода между КС-3а «Чиназ» и КС-4 «Полторацкое» общей длиной 95 км. Пересечение магистрального газопровода с транспортными коммуникациями влияет как на вероятность возникновения аварий (дополнительные барические нагрузки, вызванные транспортными средствами), так и на вероятность сценариев развития ЧС. Результатом взаимодействия газового облака, скопившегося над участком коммуникаций и проезжающего транспортного объекта является возгорание газовой смеси от искры. Вероятность возникновения данного вида ЧС послужила основанием для проведения расчета по сценарию «Огневой шар» на участке пересечения магистрального газопровода с железной дорогой Ташкент–Алматы на 501 км. На рисунке 1 приведена роза ветров.



**Рис.1.** Роза ветров

Для расчета применялось программное обеспечение «Магистраль 9.0».

Исходные данные:

газ: метан, диаметр трубы, м: 1,02, среднее давление на участке, МПа: 2,27, температура газа, С: 15, длина участка, м: 2400, азимут трубопровода: 43, время истечения - 60 с.

В результате расчета были определены: скорость истечения газа - 423,55 м/с, массовый расход - 232,34 кг/с, длина котлована - 47,5999991416933 м.

Вероятность аварийных случаев на участке:

- гильотинное разрушение газопровода -  $1,036E-03$ ,
- возгорание -  $0,960E-01$ ,
- формирование котлованного факела -  $2,984E-06$ ,
- формирование симметричного факела -  $2,834E-05$ ,
- формирование асимметричного факела -  $0,681E-04$ ,
- формирование огневого шара -  $0,852E-04$ ,
- формирование газо-паровоздушного облака -  $1,422E-05$ .

Зоны вероятного поражения человека от аварийной ситуации приведены в таблице 3.

Таблица 3. Зоны вероятного поражения человека от аварийной ситуации

Характеристика опасных зон	Расстояние от газопровода, м
Зона безусловного поражения, $R_{пор} > 99\%$	40
Зона, возможно, сильных поражений, $50\% < R_{пор} \leq 99\%$	94,99
Зона, возможно, средних поражений, $33\% < R_{пор} \leq 50\%$	104,14
Зона, возможно, слабых поражений, $1\% < R_{пор} \leq 33\%$	141,85
Зона безопасности, $R_{пор} \leq 1\%$	>141,85

*Разгерметизация газоперекачивающего агрегата или сосуда, работающего под давлением.* Вероятность случая аварии на технологическом оборудовании компрессорной станции с возможным одновременным выбросом природного газа в газообразной фазе в объеме равном максимальному количеству опасного вещества, находящегося на одной промышленной площадке, включая все единицы основного оборудования (ГПА, газосепараторы) и технологические трубопроводы, очень низка. Наиболее вероятен вариант постепенного длительного во времени выброса (выхода) природного газа из системы (свищ, нарушение герметичности фрагмента оборудования). Но при проводимых расчетах рассматриваются различные возможные случаи, в том числе и катастрофические – мгновенное разрушение технологического аппарата, содержащего горючее вещество, выброс этого вещества в окружающее пространство.

В результате аварийного разрушения агрегатной обвязки ГПА в окружающую среду выброшено  $670 \text{ м}^3$  (544 кг) природного газа. Для определения мест утечек метана из газопровода предложено использование дистанционных лазерных газоанализаторов, позволяющих определить места утечки природного газа и его концентрацию.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Естай С., Санатов А.А., Мананбаева С.Е.* Оценка технологических потерь метана при транспортировке природного газа // Международная научная конференции молодых ученых, студентов и школьников X Сатпаевские чтения «Стратегический план 2020: казахстанский путь к лидерству». - Павлодар, 2010. – Т. 22. - С. 219-223.
2. *Кочетков К., Котляревский В.* «Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий»: в 6 т. - М., 1995.- 56 с.
3. СТ ГУ 153-39-021-2005 Промышленная безопасность. Методика экспертной оценки риска аварий при эксплуатации объектов газовой промышленности.
4. РД 03-409-01. Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей. - М.: Госгортехнадзор РФ, 2001. – 15 с.
5. *Бесчастнов М.В.* «Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение» - М.: «Химия», 1991. – 96 с.
6. *Естай С., Санатов А.А., Мананбаева С.Е.* Оценка возможностей снижения выбросов парниковых газов // Международная научной конференции молодых ученых, студентов и школьников X Сатпаевские чтения «Стратегический план 2020: казахстанский путь к лидерству». - Павлодар, 2010. – Т. 22. - С.215-219.
7. *Естай С., Хакимжанов Т.Е., Санатова Т.С.* Влияние газотранспортной системы на атмосферу // Международная заочная научно-практическая конференция «Информационное пространство современной науки». - Чебаксары, 2010. - С.252-253.
8. *Естай С., Санатов А.А.* Характеристика источников образования парниковых газов при транспортировке газа. – Алматы: Поиск, 2010. - №2(1). - С. 159-163.
9. *Айтиалиев М.Ш., Нысангалиев А.Н., Мардонов Б.М. и др.* Трубопроводный транспорт Казахстана: проблемы, перспективы, научное сопровождения. //В кн.: Транспорт Евразии: взгляд XXI век. - Алматы, 2000. - С. 197-204.
10. *Рождественский В.В.* Формирование конструктивной надежности магистрального трубопровода // Надежность и качество сооружений магистрального трубопровода. - М.: ВНИИСТ, 1981. - С.3-12.

Мананбаева С.Е., Бегимбетова А.С., Санатова Т.С.

**«Интергаз орталық азия» ақ газтасымалдау жүйесінің технологиялық шығарылымдарын талдау**

**Түйіндеме.** Мақала барлық адамзат үшін – климаттың жаһандық жылыну проблемасына арналған, бұл, көптеген ғалымдар пікірі бойынша, атмосферада «парник газдар» деп аталатындардың бірі метан болып табылады.

Осы қолжазбада «Интергаз Отралық Азия» АҚ газтасымал жүйесінің технологиялық шығарылымдарының талдауы ұсынылды.

Mananbayev S., Begimbetova A., Sanatova T.

**Assessment of the possibility of emergency methane emissions from process equipment JSC "Intergas Central Asia.**

**Summary.** The article deals with the problem of environmental pollution accidental releases of natural gas in the operation of process equipment JSC "Intergas Central Asia".

In their paper, the authors consider relevant to the present day task of implementing measures under renovation, operation of the gas transmission system to provide the technical and environmental safety.

**Key words:** natural gas, environmental Safety, main gas pipeline, accident, a pollution, methane.

УДК 504.7

**С.Е. Мананбаева, Т.С. Санатова**

(Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Республика Казахстан)

#### **АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ МЕТАНА НА БАЗЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

В настоящее время наблюдаемое изменение климата, которое выражается в постепенном повышении среднегодовой температуры, большинство ученых связывают с накоплениями в атмосфере так называемых «парниковых газов» - диоксида углерода (углекислый газ), метана, хлорфторуглеродов, оксидов азота и др. Согласно литературе [1], парниковая активность метана примерно в 21 раз выше, чем углекислого газа. Если степень воздействия углекислого газа на климат условно принять за единицу, то парниковая активность метана составит 23 единицы. Метан – основную часть природного газа (СН<sub>4</sub>) – от 92 до 98 %. В экологическом отношении природный газ является самым чистым видом минерального топлива. При его сгорании образуется значительно меньшее по сравнению с другими видами топлива количество вредных веществ, [2].

Несмотря на преимущества природного газа перед другими видами топлива, количество вредных веществ, поступающих в окружающую среду при его использовании, остается достаточно большим, что приводит к существенным изменениям в атмосфере, поверхностных водотоках, водоемах, подземных водоносных горизонтах, почвах и растениях.

Основным фактором неблагоприятного воздействия на окружающую среду (ОС) в процессе транспортировки газа являются выбросы загрязняющих веществ в атмосферу. При этом воздействию подвергаются все компоненты природной среды: воздушный бассейн, гидросфера, почвенный покров, растительный и животный мир.

При транспорте газа [3] наиболее существенными источниками загрязнения биосферы являются компрессорные станции. Они поставляют в воздушную среду большую часть метана, оксида и диоксида азота, оксида углерода. Снижение их содержания в воздухе - главная задача в газовой отрасли. Отсюда необходимо обеспечение герметичности всех систем, сокращение аварийных ситуаций, что связано с уменьшением потерь газа, и, следовательно, негативного воздействия на окружающую среду.

Мощный парк газоперекачивающих аппаратов и установок участвует в общем вкладе загрязнения воздушного бассейна и в изменении природных условий [4]. Постоянно выделяющиеся загрязняющие вещества разносятся воздушными потоками на большие расстояния.

Таким образом, существует реальная необходимость в проведении исследований, направленных на проведение работ по инвентаризации выбросов парниковых газов технологического оборудования. Для проведения анализа выбросов метана от технологического оборудования газотранспортной системы был выбран объект АО "Интергаз Центральная Азия". Данное предприятие осуществляет экс-

платацию магистральных трубопроводов, проходящих по территории РК и переданных ей в концессию, а также их управление. По ним производится поставка природного газа внутренним потребителям (9 областей), на экспорт, а также осуществляется международный транзит. Общая протяженность магистральных газопроводов с учетом газопроводов-отводов, эксплуатацию которых осуществляют 6 управлений магистральных газопроводов, составляет около 11 тыс. км. Кроме того, имеются три подземных хранилища газа, из них два на юге ("Полторацкое" и "Акыртобе") и одно на западе страны ("Бозой").

В 2007 году по всей газотранспортной системе было прокачено 114,5<sup>3</sup> млрд. кубометров газа. Годовой объем магистральной транспортировки уже несколько лет находится на уровне 115<sup>3</sup> млрд.

Потери метана при добыче, транспортировке, хранении, переработке и распределении нефтегазопродуктов составляют в среднем 45 • 10<sup>6</sup> т/год при колебаниях от 25 до 50 • 10<sup>6</sup> т/год [5,6], что составляет 10-15% всей антропогенной эмиссии, или 8-9% глобальной.

Распределение средних потерь нефтегазопродуктов (45 • 10<sup>6</sup> т/год) в мире оценивается [7,8]:

- потери при добыче нефти и природного газа – (25 - 30) • 10<sup>6</sup> т/год;

- потери при транспортировке, хранении, переработке и распределении – (15-20) • 10<sup>6</sup> т/год.

Кроме того, в факелах при добыче нефти сжигается 14 • 10<sup>6</sup> т/год.

Анализ выбросов метана был проведен непосредственно на технологическом оборудовании на объекте «Магистральные газопроводы УМГ «Южный», где основным опасным веществом является транспортируемый по магистральным газопроводам природный газ. Характеристика природного газа приведена в таблице 1.

Таблица 1. **Характеристика опасного вещества – природного газа**

№ п/п	Наименование параметра	Параметр
1	2	3
1	Название вещества	Газ природный
2	Формула: а) эмпирическая	C <sub>n</sub> H <sub>2n+2</sub>
	б) структурная	CH <sub>4</sub> –метан. Его содержание в сухом природном газе составляет (около 98) об.%
3	Физические свойства	Природный газ не имеет цвета и запаха
4	Общие данные	
4.1	Молекулярный вес	16
4.2	Плотность при 20 0С, кг/м <sup>3</sup>	0,668 -0,716
4.3	Относительная плотность по воздуху	0,555
4.4	Температура кристаллизации, 0С	-82,5
4.5	Теплота сгорания, ккал/м <sup>3</sup>	7600
5	Взрыво-пожароопасность	Горючий газ. Он способен образовывать с воздухом воспламеняемые и взрывоопасные смеси при температурах не выше 55 смеси при температурах не выше 22 <sup>0</sup> С
5.1	Пределы взрываемости в воздухе, об.%	5-15
5.2	Температура воспламенения, 0С	645
6	Токсическая опасность	IV класс опасности, группа малоопасных веществ
6.1	ПДК в атмосферном воздухе в пересчете на углерод, мг/м <sup>3</sup>	50,0
6.2	Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м <sup>3</sup>	более 50000. Из-за снижения содержания кислорода и азота смесь газа с воздухом действует удушающе
7	Реакционная способность	Малоактивен
8	Коррозионное воздействие	Активен из-за наличия в нем сернистых примесей и газоконденсата, особенно в низких местах по рельефу трассы
9	Меры предосторожности	Одорирование (этилмеркаптан, тетрагидротиофен) с целью искусственного придания ему резкого неприятного запаха

Всего опасного вещества (метан) на объектах УМГ «Южный» - 49,42 тыс м<sup>3</sup>/22,96 тыс.т, в трубопроводах (природный газ): 29213,42 тыс м<sup>3</sup>/13570,0 тыс. т.

Одной из основных целей развития газотранспортной системы страны, определенной Программой развития газовой отрасли РК до 2010 года, (утвержденной Постановлением Правительства РК за № 669 от 18 июня 2004 г.), является «Реализация мер по технической реконструкции объектов газотранспортной системы для обеспечения технической и экологической безопасности при их эксплуатации...»

Решение этой задачи неразрывно связано с выполнением комплекса мероприятий по охране окружающей среды и применением новых технологий на базе достижения научно-технического прогресса. При этом экологическая политика компании направлена на стабилизацию рисков и обеспечение экологической безопасности при производственной деятельности предприятия.

Целью экологического мониторинга является получение достоверной информации о состоянии окружающей среды. Производственный экологический контроль проводится природопользователем на основе соответствующей программы, разрабатываемой природопользователем и согласованной с уполномоченным органом в области охраны окружающей среды.

В программе производственного экологического контроля устанавливаются обязательный перечень параметров, отслеживаемых в процессе такого контроля, критерии определения его периодичности, продолжительность и частота измерений, используемые инструментальные или расчетные методы.

Экологическая оценка эффективности производственного процесса в рамках экологического контроля осуществляется на основе измерений и (или) расчетов уровня эмиссий в окружающую среду, вредных производственных факторов, а также фактического объема потребления природных, энергетических и иных ресурсов.

В зависимости от содержания парниковых газов, присутствующих в выбросах, и степени их опасности для окружающей природной среды они группируются в четыре класса: первый класс – чрезвычайно опасные; второй – высокоопасные; третий – умеренноопасные и четвертый класс – малоопасные. Количество и качество наблюдений на стадии оценки загрязнения окружающей среды должны обеспечивать возможность обработки полученных результатов методами математической статистики. Сеть наблюдательных пунктов при составлении программы ОУЗОС должна [9]:

- быть в зонах влияния (ЗВ) парникового газа на воздушную среду;
- обеспечивать в последующем получение пространственной картины распространения ЗВ в каждой из сред;
- учитывать наиболее слабые звенья геосистем, способных изменяться (деградировать) в первую очередь, а также звенья, испытывающие наибольшую техногенную нагрузку (различного рода геохимические барьеры) [9].

Нормативы на выбросы парниковых газов вычисляются на основании анализа результатов расчетных данных и экспериментальных исследований по определению уровня загрязнения атмосферного воздуха на территории предприятия и границе санитарно-защитной зоны.

Площадь, охватываемая наблюдательной сетью, должна быть достаточной для уверенного определения границ и степени техногенного загрязнения компонентов окружающей среды [9].

Количество точек наблюдения за состоянием ОС, периодичность и продолжительность наблюдений зависят [9] от сложности поставленной задачи, требуемой точности определения, вида и класса опасности загрязнения, и все эти параметры должны обосновываться. При организации наблюдений за режимом и составом подземных вод сеть наблюдательных скважин и постов должна назначаться с учетом:

- месторасположения источников загрязнения и орографических особенностей района;
- направления наиболее вероятных путей воздушной миграции ЗВ.

При проведении экологического контроля вокруг трассы газопровода и технологического оборудования ставится цель объективной оценки уровня загрязнения среды парниковыми газами, а также пользования аттестованными приборами для проведения инструментальных замеров и получения достаточной информации.

Согласно перечисленным требованиям были проведены замеры концентраций метана при стравливании газа в атмосферу по всем направлениям. Зависимость изменения концентрации метана по мере удаления от источника выброса изображена на рисунке 1.



**Рис.1.** Зависимость изменения концентрации метана по мере удаления от источника выброса

Главная роль в образовании сверхнормативного количества метана принадлежит именно неблагоприятному положению дел с частыми аварийными отключениями газопровода.

Результаты мониторинга могут быть использованы для нормирования выбросов парниковых газов. Главной задачей является определение нормативных объемов выбросов предприятия, исходя из на основе показателей состояния основных компонентов окружающей воздушной среды. В свою очередь нормативы на выбросы парниковых газов базируются на анализе результатов расчетных данных и экспериментальных исследований по определению уровня загрязнения атмосферного воздуха на территории предприятия и границе санитарно-защитной зоны.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Соколов В.А. Геохимия газов земной коры и атмосферы. - М.: Недра, 1971. - 334 с.
2. Зарубин Г. П., Никитин Д. П., Новиков Ю. В. Окружающая среда и здоровье. - М.: Знание, 1977. - 127 с.
3. Естай С., Хакимжанов Т.Е., Санатова Т.С. Влияние газотранспортной системы на атмосферу // Международная заочная научно-практическая конференция «Информационное пространство современной науки». - Чебаксары, 2010. - С.252-253.
4. Естай С., Санатов А.А. Характеристика источников образования парниковых газов при транспортировке газа. – Алматы: Поиск, 2010. - №2(1). - С. 159-163.
5. Айталиев М.Ш., Нысанғалиев А.Н., Мардонов Б.М. и др. Трубопроводный транспорт Казахстана: проблемы, перспективы, научные сопровождения. //В кн.: Транспорт Евразии: взгляд XXI век. - Алматы, 2000. – С. 197-204.
6. Рождественский В.В. Формирование конструктивной надежности магистрального трубопровода // Надежность и качество сооружений магистрального трубопроводов. - М.: ВНИИСТ, 1981. – С. 3-12.
7. Надиоров Н.К. Нефть и газ Казахстана: в 2 ч. - Алма-Ата: «Галым», 1995. – Ч. 1, гл. 6. – С.34-36.
8. Башмаков И. и Джемма К. «Политика, меры и инструменты смягчения последствий изменения климата. Национальный и международный аспекты». – М.: ЦЭНЭФ, 2004.- 45 с.
9. Омаров С.С. Научно-методические основы природоохранного нормирования загрязнения окружающей среды на базе экологического мониторинга: дис. ... докт. техн. наук. - Алматы, 2002. – 256 с.
10. Санатов А.А., Мананбаева С.Е., Естай С.Е. Оценка Технологических потерь метана при транспортировке природного газа // Материалы международной научной конференции молодых ученых, студентов и школьников X Сатпаевские чтения «Стратегический план 2020: Казахстанский путь к лидерству» - Павлодар, 2010. - С.212-214.
11. Санатов А.А., Мананбаева С.Е., Естай С.Е. К вопросу реализации киотского протокола в газовой промышленности // Материалы международной научной конференции молодых ученых, студентов и школьников X Сатпаевские чтения «Стратегический план 2020: Казахстанский путь к лидерству» - Павлодар, 2010. - С.219.

С.Е. Мананбаева, Т.С.Санатова

**Газ тасымалдау жүйесінің экологиялық мониторингі базасында метан шығарындыларын талдау**

**Түйіндеме.** Мақала барлық адамзат үшін – климаттың жаһандық жылыну проблемасына арналған, бұл, көптеген ғалымдар пікірі бойынша, атмосферада «парник газдар» деп аталатындардың бірі метан болып табылады.

**Негізгі сөздер:** Осы қолжазбада «Интергаз Отралық Азия» АҚ газтасымал жүйесінің технологиялық шығарылымдарының талдауы ұсынылды.

С.Е. Мананбаева, Т.С.Санатова

**The analysis of emissions of methane on the basis of environmental monitoring of a gas transmission system**

**Summary.** Article is about an actual problem of the all humanity - global warming which, according to the majority of scientists, is connected with accumulation in the atmosphere of the so-called "greenhouse gases" one of which is methane.

The analysis of emissions of methane is presented in this manuscript from equipments of the gas transmission system which are located at JSC Intergas Central Asia.

**Key words:** a pollution, methane, gas transmission system, global warming, MACm.d., MACm.s., surface concentration, natural gas.

УДК 622.243.273

**Ю.М. Кулиев, А.Г. Гусманова, М.Д. Сарбопеева**

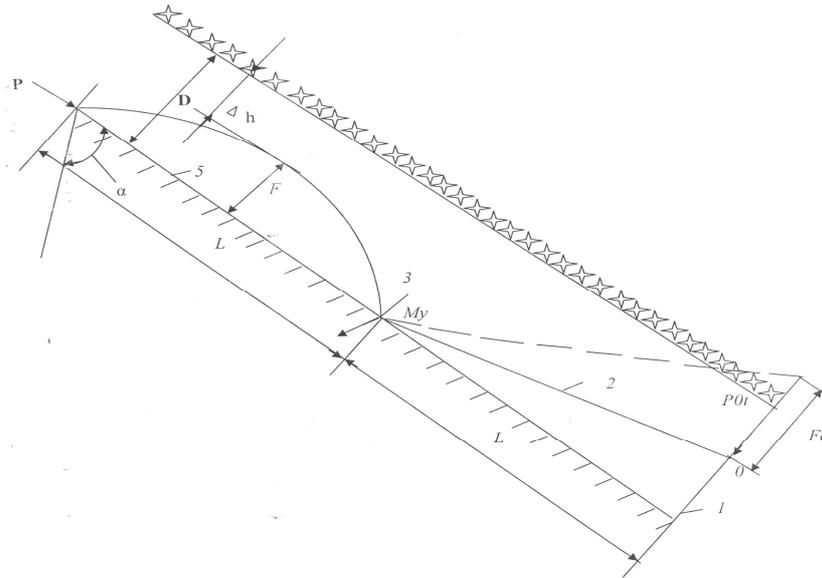
(Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова,  
г. Актау, Республика Казахстан)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА УПРУГИХ СИЛ, ВОЗНИКАЮЩЕГО В СЕЧЕНИИ ИЗГИБА ОТКЛОНИТЕЛЯ, УСТРАНЯЮЩЕГО КАСАНИЯ НАД ОТКЛОНИТЕЛЬНЫМИ ТРУБАМИ К ВЕРХНЕЙ СТЕНКЕ НАКЛОННОЙ СКВАЖИНЫ**

**Аннотация.** Компоновка низа бурильной колонны с отклонителем в скважине упруго деформируется при ограниченном диаметре отклонителя и труб, расположенных над отклонителем. При этом возникают различные осложнения, отрицательно влияющие на эффективность работ по искривлению ствола скважины: повышается напряженное состояние компоновки, затрудняется свободный проворот бурильной колонны, повышается опасность поломки кривого переводника. Зная значения момента упругих сил в сечении изгиба отклонителя представляется возможность определить угол изгиба отклонителя, при котором исключается касание надотклонительных труб с верхней стенкой скважины, величину и ожидаемый темп изменения зенитного угла ствола скважины при использовании данного типа отклонителя.

**Ключевые слова:** бурильная колонна, наклонная скважина, отклонитель, изгиб, момент упругих сил, осевая нагрузка, надотклонительные трубы.

Известно, что компоновка низа бурильной колонны (КНБК) с отклонителем в скважине ограниченного диаметра упруго деформируется (рис. 1). При этом в сечении изгиба отклонителя возникает момент упругих сил  $M_y$ , а трубы, установленные над отклонителем, выпучиваются. Причем, чем больше величина  $M_y$  и, следовательно, отклоняющее усилие на долоте  $P_{от}$ , тем больше изгиб надотклонительных труб, что повышает напряженное состояние компоновки, затрудняет свободный проворот бурильной колонны, отрицательно сказывается на точности установки отклонителя в процессе забойного ориентирования. Кроме этого повышается опасность поломки кривого переводника: возникают условия, могущие привести к изгибу корпуса турбобура, а это в свою очередь отрицательно влияет на эффективность работ по искривлению ствола скважины.



**Рис. 1.** Схема расположения компоновки низа бурильной колонны с отклонением в прямолинейнонаклонном стволе скважины

1-долото, 2-турбобур, 3-кривойпереводник, 4-надотклонительных труб, 5-нижняя стенка ствола скважины

Поэтому при применении отклонителя угол изгиба последнего должен быть подобран таким образом, чтобы стрела прогиба надотклонительных труб не превышала максимального значения  $f$ , определяемого по формуле:

$$f \leq D - 0,5 \cdot (D_{om} + D_m), \quad (1)$$

где:  $D$  - диаметр скважины, равный диаметру долота;  $D_{от}$  и  $D_T$  - соответственно диаметр отклонителя и труб, расположенных над отклонителем.

Ниже определяется величины  $M_y$ , при которых исключается касание надотклонительных труб к верхней стенке скважины для случая, когда на всей длине выпученной части расположены трубы постоянной жесткости и веса. Также примем, что КНБК с отклонителем находится в стволе с постоянным углом наклона. Для решения задачи воспользуемся известным методом из курса [1], согласно которой величина максимального выпучивания надотклонительных труб с учетом осевой нагрузки на долоте можно определить через уравнения деформации по следующей формуле:

$$f = \frac{9}{128\mu} \cdot \frac{M_y}{q \cdot EJ \cdot \sin \alpha}, \quad (2)$$

где:  $EJ$ ,  $\mu$ ,  $q$  - соответственно жесткость на изгиб надотклонительных труб и вес единицы длины этих труб с учетом облегчения в глинистом растворе;  $\alpha$  - угол наклона ствола скважины;  $\mu$  - коэффициент учитывающий увеличение  $f$  от осевой нагрузки [1,2], равный:

$$\mu = 1 - \frac{0,49Pl^2}{\pi^2 \cdot EJ}, \quad (3)$$

где  $P$  - осевая нагрузка на долоте;  $l$  - длина выпученной части надотклонительных труб, определяющаяся по формуле:

$$l = 2 \cdot \sqrt{\frac{M_y}{g \cdot \sin \alpha}}. \quad (4)$$

Совместно решив (2) и (3) определяем:

$$\mu = 1 - \frac{1,96 \cdot P}{\pi^2 \cdot EJ} \cdot \frac{M_y}{g \cdot \sin \alpha}. \quad (5)$$

Из (1) формулы определяем:

$$128f \cdot \mu\rho \cdot EJ \cdot \sin \alpha = 9M_y. \quad (6)$$

Совместно решив (4) и (5) получаем:

$$128f \cdot \left[ 1 - \frac{1,96 \cdot P}{\pi^2 \cdot EJ} \cdot \frac{M_y \cdot g \cdot EJ}{g \cdot \sin \alpha} \right] \cdot \sin \alpha = 9M_y. \quad (7)$$

Отсюда,

$$M_y = \frac{128fg \cdot EJ \cdot \sin \alpha}{250,88 \cdot \frac{P \cdot f}{\pi^2} + 9}. \quad (8)$$

Для количественной оценки величины  $M_y$  приведем пример. Определим момент упругих сил при использовании КНБК с отклонителем в скважине с постоянным углом наклона при следующих данных:

$$D = 0,269 \text{ м}, D_{от} = 0,203 \text{ м}, D_T = 0,178 \text{ м}, q = 0,156 \text{ тс/м}, EJ = 900 \text{ тс/м}^2,$$

$$P = 12 \text{ тс}, f = 10, f = 0,269 - 0,5(0,203 + 0,178) = 0,079 \text{ м}.$$

Подставляя исходные данные в формулу  $M_y$  найдем значение:

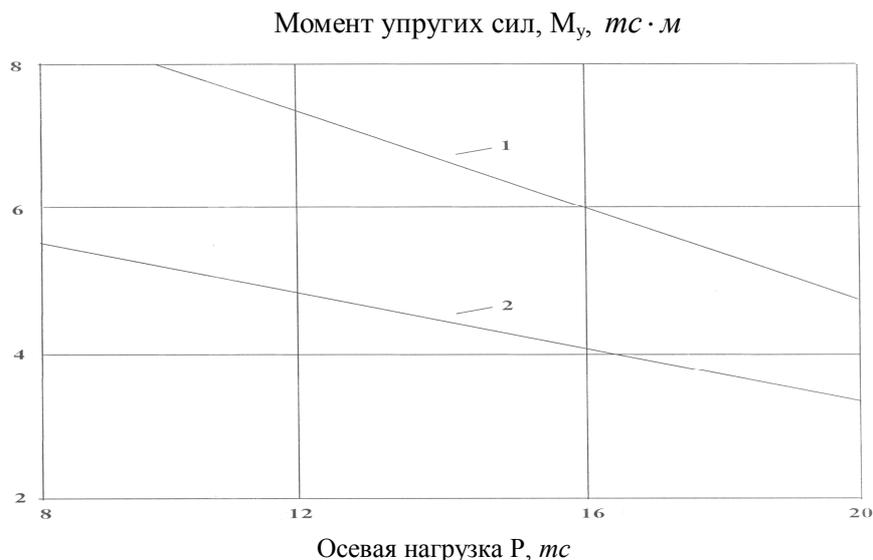
$$M_y = \frac{128 \cdot 0,079 \cdot 0,156 \cdot 900 \cdot 0,1736}{250,88 \cdot \frac{12 \cdot 0,079}{3,14^2} + 9} = 7,45 \text{ тс} \cdot \text{м}.$$

Рассчитывается по определению предельного значения  $M_y$  для некоторых широко применяемых на практике КНБК, результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. **Предельного значения момент упругих сил в сечении изгиба отклонителя**

Компоновка низа бурильного инструмента	Угол наклона скважины, град.		Предельное значение упругого момента в числе возникающего в сечении изгиба отклонителя при следующих осевых нагрузках, тс		
	P=6	P=8	P=12	P=16	P=20
1. 269 мм долота, турбобур Т 121136-9, кривой переводник из УБТ диаметром 203мм, УБТ диаметром 178 ММ, бурильные трубы диаметром 140 мм	10	9,83	7,45	5,98	5,01
2. 215,9 мм долота, турбобур Т121136-7 <sup>1/2</sup> , кривой переводник диаметром 178 мм из УБТ, бурильные трубы диаметром 140мм	10	5,67	4,79	4,14	3,65

Используя данные в таблице, построены графики зависимости предельного значения  $M_y$  от осевой нагрузки на долоте (рис. 2).



**Рис. 2.** КНБК: 1-269 мм долото, турбобур Т12М36-9, кривой переводник из 203 мм УБТ, УБТ диаметром 203 мм, бурильные трубы диаметром 140 мм; 2 - 215,9 мм долото, турбобур Т 12М36- 7<sup>1/2</sup>, кривой переводник из 178 мм УБТ, УБТ диаметром 178 мм, бурильные трубы диаметром 140 мм.

Из рисунка видно, что значение  $M_y$  с ростом осевой нагрузки уменьшается. Кроме этого в скважине меньшего диаметра, т.е. при использовании менее жесткой компоновки значения  $M_y$  меньше, чем в скважине большего диаметра [3,4].

Таким образом, зная значения  $M_y$  представляется возможность определить угол изгиба отклонителя, при котором исключается касание надотклонительных труб с верхней стенкой скважины, величину и ожидаемый темп изменения зенитного угла ствола скважины при использовании данного типа отклонителя.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Беляев Н.М.* Сопrotивление материалов. – М.: Наука, 1965.
2. *Иоанесян Р.А.* Основы теории и техники турбинного бурения. – М.: Гостоптехиздат, 1957.
3. *Органов С.А., Кулиев Ю.М.* Исследование статики низа бурильной колонны, включающей долото, удлинитель, колибратор, секционный турбобур. Теория и практика бурения наклонных скважин. // Сборник научных трудов. Азинефтехим имени М. Азизбенова - Баку, 1985.
4. *Алимжанов М.Т.* Анализ геомеханических процессов и расчет устойчивости пород вокруг глубоких скважин в условиях месторождений Западного Казахстана. // Новости науки Казахстана. – 1995. - №3.

#### REFERENCES:

1. *Belyaev N.M.* Soprotivlenie materialov. – M.: Nauka, 1965.
2. *Ionesyan R.A.* Osnovy teorii i tehniki turbinnogo bureniya. – M.: Gostoptekhizdat, 1957.
3. *Organov S.A., Kuliev Y.M.* Issledovanie statiki niza burilnoi kolonny, vklyuchayushchei doloto, udlinitel, kolibrator, seksionnyi turbobur. Teoriya i praktika bureniya naklonnykh skvazhin. //Sbornik nauchnykh trudov. Azineftekhim imeni M. Azizbenova. – Baku, 1985.
4. *Alimzhanov M.T.* Analiz geomekhanicheskikh protsessov i raschet ustoychivosti porod vokrug glubokikh skvazhin v usloviyakh mestorozhdeniya Zapadnogo Kazakhstana. //Novosti nauki Kazakhstana. – 1995. - №3.

Кулиев Ю.М., Гусманова А.Г., Сарбопеева М.Д.

**Көлбеу ұңғылардың жоғарғы қабырғасына бұрып жіберетін құбырға жанасуды болдырмауға, бұрып жіберудің көлденең қиманы тудыратын, серпімді күш моментін анықтау.**

**Түйіндеме.** Мақалада шектеулі диаметр кезінде оның деформациясы және ұңғыда бұрып жіберумен бұрғылау колоннаның төменгі компоновкасы қаралады. Бұрып жіберушінің иілу көлденең қимада серпімді күш моменті, түпті жобалау үрдісінде бұрып жіберуші қондырғының дәлдігі және компоновканың кернеулі жағдайын төмендету мақсатында анықталады. Ол осьтік жүктеме артқан сайын мәні төмендейді. Сонымен қатар ұсынылды, бұрып жіберушіні қолдану кезінде иілу бұрышы мынадай түрде, қашауда осьтік жүктемені

есептеумен бұрып жіберуші құбырды шығарудың максимальды мәні бұрып жіберуші құбырдың қисаю жебесі болуы керек.

**Негізгі сөздер:** бұрғылау колоннасы, көлденең ұңғы, бұрып жіберуші, иілу, серпімді күш моменті, осьтік жүктеме, бұрып жіберуші құбыр асты.

Кулиев Ю.М., Гусманова А.Г., Сарбопеева М.Д.

**Определение момента упругих сил, возникающего в сечении изгиба отклонителя, устраняющего касания над отклонительных труб к верхней стенке наклонной скважины.**

**Резюме.** В статье рассмотрена компоновка низа буровой колонны с отклонителем в скважине и ее деформация при ограниченном диаметре. С целью снижения напряженного состояния компоновки и точности установки отклонителя в процессе забойного ориентирования был определен момент упругих сил в сечении изгиба отклонителя. Причем это значение с ростом осевой нагрузки уменьшается. Кроме того предложено, что при применении отклонителя угол изгиба должен быть подобран таким образом, чтобы стрела прогиба надотклонительных труб не превышала максимального значения выпучивания надотклонительных труб с учетом осевой нагрузки на долоте.

**Ключевые слова:** буровая колонна, наклонная скважина, отклонитель, изгиб, момент упругих сил, осевая нагрузка, надотклонительные трубы.

Kulyev Y.M., Gusmanova A.G., Sarbopeeveva M.D.

**The timing of the elastic forces generated in bending section whipstock, eliminating otклонitelnyh touch over the top wall pipe downhole.**

**Summary.** In this article the BHA in the well with the whipstock and its deformation, with limited diameter. In order to reduce the stress state of the layout and the accuracy of the whipstock in the downhole orientation was determined by the time of the elastic forces in the bending section standoff. Moreover, this value with increasing axial load decreases. Also suggested that the application of the whipstock angle of bend should be selected in such a way that the deflection nadotклонitelnyh pipes does not exceed the maximum buckling nadotклонitelnyh pipe with the axial load on the bit.

**Keywords:** Drill string, a deviated well, diverter, bending moment of elastic forces, axial load, nadotклонitelnye pipe.

УДК 528.854

**B.M. Baisakov, A. Zinel, G. Aitlessova, A. Tuyakbayev L. Naizabayeva**  
(KBTU, ITU)

## **FACE DETECTION AND TRACKING USING ARDUINO PLATFORM**

### **Introduction**

Face detection refers to the science of locating the faces of people in a scene. It is a critical element of focusing software in cameras, as well as the primary step in facial recognition in unconstrained scenes: the face must be detected before it can be compared to known faces and identified. It can also be used by newer software to organize photos on the computers.

On cameras, face detection helps establish how the focus should work in a picture. Depending on the camera, face detection technology can identify at least 10 faces in a scene. Once they are identified, they can be prioritized, and the focus can automatically adjust to feature the high priority faces. The camera's face detection is often shown to the user through a series of one or more rectangles overlaid on the scene. With the face detected, the technology can also adjust the exposure to make sure the subject is properly shown, including compensating for dark scenes or scenes with an illuminated background. [1]

Computer vision is the transformation of data from a still or video camera into either a decision or a new representation. All such transformations are done for achieving some particular goal. The input data may include some contextual information such as "the camera is mounted in a car" or "laser range finder indicates an object is 1 meter away". The decision might be "there is a person in this scene" or "there are 14 tumor cells on this slide". A new representation might mean turning a color image into a grayscale image or removing camera motion from an image sequence. [2, 10]

Open Source Computer Vision (OpenCV) is an open source computer programming library developed to support applications that use computer vision. It provides hundreds of functions for the capture, analysis, and manipulation of visual data and can eliminate some of the hassle programmers face when developing applications that rely on computer vision. Portions of the library also provide user interface and pattern recognition functions. OpenCV has been employed in both practical and creative applications including self-piloting vehicles and new forms of digital art.[3, 9]

OpenCV library is written in C and C++ and runs under Linux, Windows and Mac OS X. There is active development on interfaces for Python, Ruby, Matlab, and other languages. [4]

Arduino is an open-source electronics prototyping platform based on flexible, easy-to-use hardware and software. It is intended for artists, designers, hobbyists, and anyone interested in creating interactive objects or environments.

Arduino can sense the environment by receiving input from a variety of sensors and can affect its surroundings by controlling lights, motors, and other actuators. The microcontroller on the board is programmed using the Arduino programming language (based on Wiring) and the Arduino development environment (based on Processing). Arduino projects can be stand-alone or they can communicate with software running on a computer (e.g. Flash, Processing, MaxMSP). [5, 8]

Face tracking system is based on the detection and tracking systems. The detection part is based on the OpenCV library. The tracking part is constructed from Arduino microcontroller which controls the servos. The face in the camera is identified through the OpenCV algorithm. Once the face is detected, the tracking takes place. These coordinates are sent to the Arduino ports through USB cable. According to these coordinates Arduino controls the servos which move the camera.

**Necessary hardware:**

- Arduino Uno R3
- Webcam
- USB cable (normally A-B type)
- 9V DC Power Adapter for Arduino (optional)
- Breadboard
- Jumper wires

Note: in a given project a Proto-Pic Starter Kit for Arduino Uno was used, which includes Arduino Uno itself, a USB cable, breadboard, jumper wires and male header pins.

**Software that needs to be installed:**

- Arduino
- Processing
- OpenCV Framework
- OpenCV Library

Note: the software was executed on Windows XP.

For the proper software execution it was necessary to perform the following steps [6, 7]:

1. Downloading the version of Processing IDE, appropriate for the parameters of the computer, unzipping it into disk C:\, and launching the program without running a script. Launching Processing is necessary for creating a 'Processing' folder in 'Documents' directory.

2. Downloading and installation of OpenCV framework, with clicking 'add <...>\OpenCV\bin to the system PATH'.

3. Making sure that the system path 'C:\Program Files\OpenCV\bin;' is written in environmental variable, or, otherwise, it should be written manually.

4. Copying 'cv100.dll', 'cvaux100.dll', 'cvcam100.dll', 'cxts001.dll' and 'cxcore100.dll' from 'C:\Program Files\OpenCV\bin' to 'System32' folder.

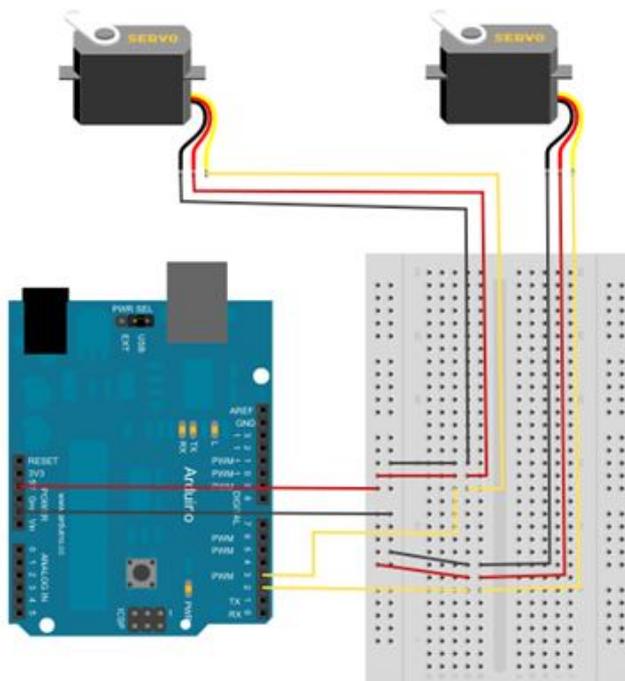
5. Downloading OpenCV library and unzipping it into the 'libraries' folder, located in the 'Processing' folder in 'Documents' directory.

6. Checking the presence of 8 examples inside ‘Processing\libraries\OpenCV\examples’ folder (otherwise, downloading them separately, unzipping and putting them into ‘examples’ folder).

7. Downloading ‘Serial ServoControl’, and ‘Pan Tilt Face Tracking’ examples, unzipping and placing them inside the Processing sketchbook. (or inside ‘Processing\libraries\OpenCV\examples’ - optionally).

8. Rebooting computer.

After completing the software preparation stage, the hardware assembling part was performed as well, which consisted of making the circuit connections as it is shown in Fig.1.



**Fig.1.** Connection of the servos to the Arduino.

The scheme depicts the Arduino Uno R3 platform, two servos, breadboard and wires. Breadboard allows to build circuits, make connections and test them. It has a pair of 30 rows of 5 holes in the middle. These rows are enumerated, which implies that each row is one junction (has one metal strip inside) enabling to connect several wires to one junction. Rails have a longer metal strip inside and holes are joined in a column. The rails are marked as “+” and “-”, both from the left and right sides.

To connect Arduino to the breadboard, three types of wires were required, i.e. for 5V supply, for ground, and for denoting the Arduino pins 2 and 3 (the color of wires is optional, however, in order not to confuse the connections, red wire was used for 5V supply, black for ground, and yellow for pins 2 and 3).

The servos were connected to the Arduino for the camera to be able to move. The reason of two servos was because one of them would perform pan, and the second would tilt the camera so that it could follow the face of the person and keep it in the center of the screen. So, servos were used to simply change the position of the camera. Thus, to mount the web camera on the servos, wires, little servo fastenings, and scotch tape were used.

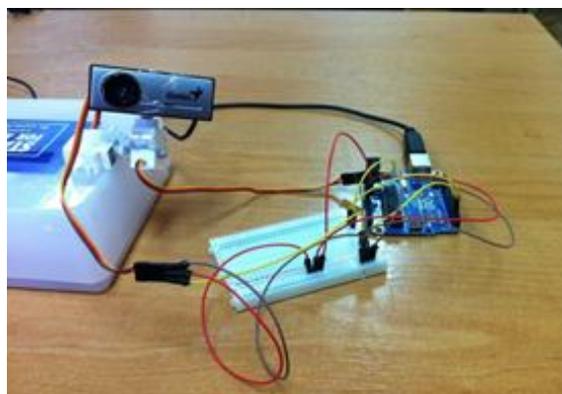
The Arduino Starter Kit contained one servo and a little package of the servo fastenings with holes and tiny screws. Fastenings were used to mount one servo to another. The tilt servo would move the pan servo to which, in turn, the camera would be mounted.



**Fig. 2.** Mounting the external camera - front view



**Fig.3.** Mounting the external camera - back view.



**Fig. 4.** Final circuit.

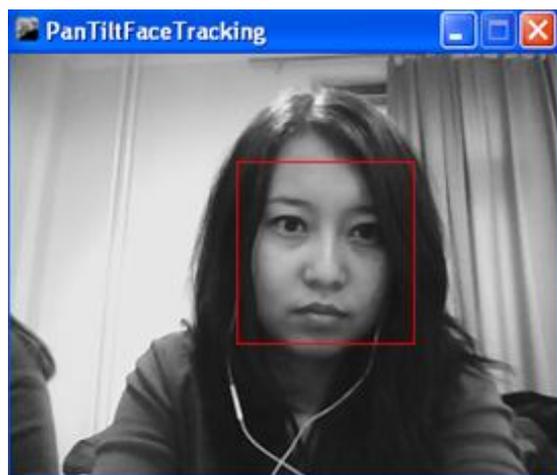
Camera was mounted as shown in Fig.2 and Fig.3 and plugged in computer.

When all the steps were completed, testing of the Face Tracking system took place. However, in order to avoid errors afterwards, the next manipulations on installation of the external camera were implemented, which are described below.

- When external camera connected, the Processing might not ask which camera to choose. The problem was fixed by going to “My Computer -> Properties->Hardware->Device Manager->Imaging devices->Webcam”, clicking right mouse button, and choosing “Disable”. Thus, when external USB camera was plugged in, it would be the default camera.
- Necessary drivers for the external web camera had to be installed as well.

Finally, the USB cable had to be connected to laptop or computer and the Serial Servo Control sketch should be opened in the Arduino program. Firstly, the code should be compiled by clicking a tick in the top left part of the Arduinowindow or by clicking ‘Sketch’ → ‘Verify/Compile’. After compilation, the sketch was loaded to the Arduino by clicking right arrow sign near the ‘verify’ or by clicking ‘File’ → ‘Upload’. Then the Pan/Tilt Face tracking was opened in the Processing and the code was executed.

After connecting hardware and uploading necessary sketches, the obtained result was that the camera moved according to the movements of the detected face, keeping it in the middle of the screen.



**Fig.5.** Demonstration of the Face Detection.

Also, the contrast and brightness of the image can be changed by dragging mouse over image in horizontal and vertical directions accordingly.

### **Conclusion**

To summarize, implementing the concept of face detection and face tracking illustrated how OpenCV algorithms work, and showed that computer vision can be integrated with the hardware, which, finally, gives a robot that sees, detects, and watches people. Moreover, it revealed the ease of handling of the Arduino platform, its simplicity, approachability, and affordability. A face tracking robot can have a plenty of useful applications, such as CCTV security systems, baby monitoring or detection of faces in hard-to-get places, i.e., after earthquakes, and other emergency cases. Also, the given project gives a possibility of adding new modules and functions, thus, making it more complex, sophisticated, and interesting.

### **REFERENCES**

1. What Is Face Detection? - <http://www.wisegeek.com/what-is-face-detection.htm>
2. Gary Bradsky & Adrian Kaehler. Learning OpenCV. Computer vision with the OpenCV library. 2008, 1st edition. P. 21.
3. What is OpenCV? - <http://www.wisegeek.com/what-is-opencv.htm>
4. Gary Bradsky & Adrian Kaehler. Learning OpenCV. Computer vision with the OpenCV library. 2008, 1st edition. P. 20.
5. What is Arduino? Getting Started, Arduino software, learning - <http://www.arduino.cc/>
6. Face Tracking with a Pan/Tilt Servo Bracket - <http://www.sparkfun.com/tutorials/304>
7. Troubleshooting errors of OpenCV hypermedia library - <https://forum.processing.org/topic/unsatisfiedlinkerror-hypermedia-video-opencv-capture-iii-v>
8. Overview of Arduino Uno, features, general information - <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>
9. Opencv v2.1 documentation «Motion Analysis and Object Tracking» [http://opencv.willowgarage.com/documentation/c/video\\_motion\\_analysis\\_and\\_object\\_tracking.html](http://opencv.willowgarage.com/documentation/c/video_motion_analysis_and_object_tracking.html)
10. The problem of tracking video points on real-time video stream - <http://vestnik.kazntu.kz/files/newspapers/51/1559/1559.pdf>

*Байсаков Б.М., Зинель А., Айтлесова Г., Туякбаев А., Найзабаева Л.*

**Арудино аппараттық-есептеуіш платформасының негізінде адамның бет-әлпетін бақылау жүйесінің табылуы.**

**Түйіндеме.** Арудино аппараттық-есептеуіш платформасының және адамның бет-әлпетін бақылауының негізінде адамның бетін-әлпетін бақылайтын жүйесі құрылды. Адамның бет-келбетін бақылауы Open CV кітапханасын қолданып, Processing бағдарлама тілінде жүзеге асырылған. Адамның бет-келбетін бақылау үшін және Arduino құралы сервожетектердің жұмысын қадағалауын бағдарламаға енгізу үшін Arduino бағдарламалы ортасы жаратылды.

*Байсаков Б.М., Зинель А., Айтлесова Г., Туякбаев А., Найзабаева Л.*

**Распознавание лиц и их отслеживание с использованием платформы ардуино.**

**Резюме.** Сконструирована система слежения лица с использованием обнаружения лиц и аппаратно-вычислительной платформы Arduino. Обнаружение лиц реализовано с помощью библиотеки компьютерного зрения OpenCV на языке Processing. Использована интегрированная среда разработки Arduino, чтобы запрограммировать устройство Arduino для осуществления контроля сервоприводов и слежения за движениями лица.

*B.M. Baisakov, A. Zinel, G. Aitlessova, A. Tuyakbayev L. Naizabayeva*

**Face detection and tracking using arduino platform.**

**Summary.** Face detection along with Arduino hardware-software platform was used to construct the face tracking system. Face detection was implemented with the help of OpenCV computer vision library in Processing language. Arduino IDE was used to program the Arduino hardware to control servos and track face movements.

УДК 669.168.5:669.295

**Д.К. Исин, С.О. Байсанов, Н.З. Нургали, А.С. Байсанов, Б.Д. Исин**  
(КарГТУ Караганда, ХМИ, Караганда, Республика Казахстан)  
(ТПУ. Томск, Российская Федерация)

**ДВУСТАДИЙНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРОТИТАНА**

Введение титана в углеродистые и низколегированные марки сталей способствует измельчению зерна, упрочнению и повышению хладостойкости, а в высоколегированных сталях предотвращает дефект межкристаллитной коррозии. Разработана двухстадийная технология получения ферротитана. Она заключается в выплавке богатого титанового шлака с последующей стадией электропечного алюминотермического восстановления его до ферротитана. Изучены физико-химические, технологические свойства при переработке ильменитового концентрата с целью получения из них высокопроцентного ферротитана.

**Ключевые слова:** титан, коррозия, упрочнение, свойство, штамповка, ферротитан, лигатура, электрод, порошок, известь, материал, окисление, температура, оксид, кислород, известняк, концентрат, электроплавка, ферросплав, металлотермия, металлургия.

Введение титана в углеродистые и низколегированные марки сталей способствует измельчению зерна, упрочнению и повышению хладостойкости, а в высоколегированных сталях предотвращает дефект межкристаллитной коррозии. Титан вводят в сталь в виде ферротитана, так как он во много раз дешевле металлического титана и сравнительно легкоплавкий, поэтому все его марки предназначены исключительно для легирования, раскисления и дегазации различных сталей, одновременно повышая их механические свойства.

Для разработки эффективных технологических процессов производства высокопроцентного ферротитана из титановых шлаков, необходимо изучение фазового состава и установление квазисистем расположения образующихся шлаков в пятикомпонентной системе  $TiO_2-SiO_2-Al_2O_3-MgO-CaO$  с целью определения их технологичности, а также исследования комплекса металлургических и физико-химических свойств шлаковых расплавов.

Использование высокопроцентного ферротитана придает высокое качество сталям и сплавам с особыми свойствами на никель-хромовой и хромовой основах, снижая металлоемкость изделий.

Неуклонно возрастает спрос ферротитана при производстве конструкционных легированных и низколегированных сталей. В последнее время низколегированные стали (марки 08ГСЮТ) повышенной прочности с титаном находят все более широкое применение для изготовления методом штамповки деталей автомобилей. Неизменно ферротитан широко используется при выплавке сталей для газопроводных труб большого диаметра (марки 09Г2ФБ, 13Г1СБ-У, 12Г2ФБ и т.д.). Значительное применение ферротитана имеет место при производстве хромомарганцовистых, хромомарганцовистоникелевых и теплоустойчивых сталей типа 20Х1М1Ф1ТР.

К прочим направлениям использования ферротитана относится его применение для производства электродов, а также производства специальных лигатур, ферросплавов и сплавов на никелевой и другой основе.

Ферротитан с содержанием свыше 68% стал использоваться при выплавке малолегированных и низколегированных сталей. Кроме того, снизилась доля потребления низкопроцентного ферротитана при производстве легированных и нержавеющей сталей. Это объясняется как совершенствованием технологии сталеплавильных процессов с применением внепечной обработки, так и недостаточным производством низкопроцентного алюмотермического ферротитана.

Использование низколегированных и легированных сталей для топливно-энергетического комплекса, строительства, гражданского машиностроения и военно-промышленного комплекса будет способствовать увеличению производства ферротитана. Значительно увеличивается потребность в ферротитане для раскисления и микролегирования спокойных углеродистых сталей.

Однако по-прежнему одним из основных потребителей ферротитана будут являться нержавеющие стали, в том числе с пониженным содержанием никеля и безникелевые. Производство стабилизированных сталей, легированных титаном, является основным направлением предупреждения возникновения склонности их к межкристаллитной коррозии.

Использование высокотитанистого шлака для получения высоколиквидного ферротитана (50-70% Ti) электропечным алюминиотермическим способом является одним из перспективных и экономически выгодных направлений его применения. Разработана двухстадийная технология получения ферротитана которая заключается в выплавке высокотитанистого шлака с последующей стадией электропечного алюминиотермического восстановления его до ферротитана (50-70% Ti). Технология заключается в совместном проплавлении высокотитанистого шлака и комплексного восстановителя с присадками извести. В качестве комплексного восстановителя применяется смесь алюминиевого порошка с ферросиликоалюминием.

Применение такой схемы получения высокопроцентного ферротитана позволит снизить себестоимость получаемой продукции. За счет того, что часть дорогостоящего алюминиевого порошка заменяется более дешевым ферросиликоалюминием.

Разработка данной технологии получения высокопроцентного ферротитана продиктована наличием значительных запасов ильменитовых концентратов, а также возможностью вовлечения в металлургический передел и эффективного использования не находящих применения отечественных ильменитовых концентратов, из которых возможно выплавлять кондиционный полупродукт – высокотитанистый шлак. Для установления пригодности применения этого шлака от переработки шокашского концентрата в качестве передельного сырья, необходимо исходить от исследования его физико-химических, технологических характеристик и осуществления его металлургической оценки.

В связи с этим богатый титановый шлак, подвергался исследованиям с целью определения его основных физико-химических свойств. В таблице 1 приведены результаты исследований минералогического состава высокотитанистого шлака на основе рентгенофазового анализа. Установлено, что его основной фазой является сложный твердый раствор аносовита на основе решетки  $Ti_3O_5$ , в котором титан присутствует в виде двух-, трех- и четырехвалентных ионов, каждый из которых может замещаться железом, марганцем, магнием и алюминием. Состав минерала обобщенно можно представить формулой:



Наличие раствора аносовита свидетельствует о перевосстановленности высокотитанистого шлака, остальной титан представлен в виде модификаций  $TiO_2$ , т.е. рутилом и анатазом.

Таблица 1.- Фазовый состав БТШ

Материал	Фазовый состав	
	основная фаза	много
БТШ	$Ti_2O_3 \cdot TiO_2$	$TiO_2$

В зависимости от содержания оксидов железа, магния, алюминия шлаки различаются друг от друга оптически: железистый, магнистый и алюминистый аносовит [1].

С целью исследования физико-химических свойств шихты богатого титанового шлака с различными восстановителями в процессе нагревания был осуществлен термографический анализ проб. Предварительно установили оптимальное соотношение компонентов восстановительной смеси.

Неизотермический нагрев осуществляли на дериватографе системы F.Paulik, J.Paulik, L.Erdei Derivatograph Q-1000 в диапазоне температур 25-1000°C со скоростью нагрева 10°C/мин. в атмосферных условиях. Предварительно измельченная навеска пробы в количестве 1-3 г помещалась в корундовый тигель и устанавливалась на аналитические весы, расположенные в печи. По мере повышения температуры в печи дериватографа пишущее устройство регистрирует все происходящие в пробе физико-химические изменения. В пробе измеряется температура, изменение веса, скорость изменения веса и изменение содержания тепла исследуемого вещества в зависимости от времени.

Термографическому анализу в атмосферных условиях подвергались три шихтовые смеси, состоящие из богатого титанового шлака с алюминием, ферросиликоалюминием и комплексным кремнеалюминиевым восстановителем. Для всех дериватограмм до температуры 580°C характерны процессы дегидратации высокотитанистого шлака. При более высоких температурах происходит плавление алюминиевого порошка (660°C) и связанного алюминия (880°C) в ферросиликоалюмине. После расплавления происходит резкое окисление алюминия и кремния термодинамически непрочными оксидами. При температурах 100-120°C испаряется влага, с дальнейшим повышением температуры из пробы выделяется гидратная влага и летучие, что обуславливает появлению слабых тепловых эффектов с незначительной убылью массы пробы. В интервалах температур 450-570°C, 570-665°C и 740-910°C наблюдаются экзотермические эффекты, при которых происходит окисление пробы с увеличением в весе.

В шихте из высокотитанистого шлака и алюминиевого порошка, начиная с температуры 570°C, происходит выделение тепла, которое сопровождается небольшим экзотермическим эффектом (600°C). После этого наблюдается резкий эндотермический максимум (при температуре 660°C), что объясняется переходом алюминия в жидкое состояние. Далее происходит интенсивное окисление алюминия кислородом свободных и связанных оксидов железа, кремния и титана.

Разработанная технология заключается в выплавке высокотитанистого шлака (полупродукт) с последующей стадией электропечного алюминотермического восстановления его до ферротитана. На первый план выдвигается задача выплавки товарного высокотитанистого шлака (75-90% TiO<sub>2</sub>) с максимальным переводом сопутствующих в исходном сырье оксидов ванадия и хрома в попутный металл (чугун). В шокешских концентратах весь хром присутствует в виде двух фаз - хромпикотит и алюмохромит. Основная доля Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> присутствует в хромпикотите (FeCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> до 60% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Алюмохромит содержит Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (25-30%), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (до 30%) и характеризуется низким содержанием железа, поэтому от него легко избавиться на стадии магнитного обогащения. Содержание оксидов хрома и ванадия в шлаке прямо пропорционально количеству монооксида железа в нем. Известно [1], что оксид марганца (MnO) способствует более полному восстановлению монооксида железа в попутный металл, т.е. приводит к максимальному переходу Cr и V.

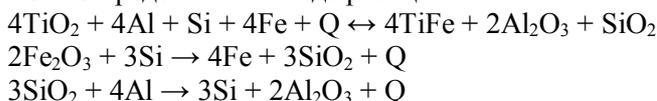
Высокотитанистый шлак (75-85% TiO<sub>2</sub>) выплавляют по разработанной технологии электрокарботермического восстановления ильменитового концентрата в руднотермической печи, с получением попутного легированного (Cr, V, Mn и Si) металла. В качестве восстановителя используется более дешевый по сравнению с антрацитом длиннопламенный каменный уголь, не уступающий ему по своей реакционной способности. Результаты испытаний по отработке режимов получения шлака с низким содержанием нежелательных примесей (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) показали, что при добавке в шихту оборотных отходов ферромарганца в пределах 2-4% от веса титанового сырья обеспечивает более полное извлечение хрома и ванадия в попутный металл и низкое содержание их в шлаке. При этом увеличение присадки отходов ферромарганца более 3% практически не улучшает качество шлака.

На стадии выплавки высокотитанистого шлака достигнуты следующие результаты:

- на 11,5 % повышается содержание TiO<sub>2</sub> в шлаке;
- обеспечивается более полное извлечение хрома (до 75%) и ванадия (до 87%) в попутный металл и низкое содержание их в товарном шлаке.

В лабораторных условиях наработанный полупродукт (высокотитанистый шлак) использовали для выплавки высокопроцентного ферротитана. Опыты осуществляли в высокотемпературной печи сопротивления типа «Таммана». Процесс основан на алюмосиликотермическом восстановлении шла-

ка в присутствие некоторого количества извести. Основным источником поступления железа в сплав является ферросиликоалюминий, содержащий 15-20% железа, и железная стружка. Сущность процесса можно представить в виде реакции:



Шихту для получения высокопроцентного ферротитана составляли из высокотитанистого шлака, алюминиевого порошка, ферросиликоалюминия (ФС50А30) и СаО. Измельченные до класса крупности 0-0,2 мм компоненты тщательно смешивали, загружали в графитовый тигель и устанавливали в печь сопротивления, разогретую до температуры 1650-1700°C. При температуре  $\approx 700^\circ\text{C}$  процесс восстановления происходил самопроизвольно и характеризовался высокой интенсивностью. После полного расплавления пробу выдерживали в печи в течение 10-30 минут, затем тигель извлекали и остужали на воздухе.

В результате проведенных серий экспериментов был получен сплав, средний химический состав которого характеризуется следующими данными, (в % от массы): Ti - 57,0; Si - 7,0; Al - 9,5; Fe – остальное. Качество полученного сплава удовлетворяет требованиям, предъявляемым к алюминотермическому высокопроцентному ферротитану и ТУ 14-00186482-053-2005. Содержание титана в сплаве было в пределах 50-60%, что для лабораторных условий вполне удовлетворительный результат. При получении металла со сниженным содержанием титана (< 50%) рекомендуется постепенное повышение навески СаО и сокращение времени выдержки пробы в печи.

Реальные шлаки от плавки ферротитана представляют собой многокомпонентную систему оксидных продуктов алюмосиликотермического восстановления высокотитанистого шлака, однако их основу составляет относительно небольшое количество оксидов. Фазовый состав шлаков ферротитана можно охарактеризовать пятикомпонентной системой  $\text{TiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-MgO-CaO}$ .

Образующиеся шлаки в области температур ликвидуса включают в себя фазы: перовскита, геленита, шпинели, свободного глинозема и ибонита.

Полупромышленные испытания проводились в руднотермической электропечи рафинировочного типа, мощностью трансформатора 0,1 МВ·А, имеющей магнетитовую футеровку. По разработанной технологии получения высокопроцентного ферротитана шихту составляли из богатого титанового шлака (78%  $\text{TiO}_2$ ), первичного алюминия (98,5% Al), ферросиликоалюминия, железной стружки и извести. Фракционный состав Al-порошка и ферросиликоалюминия соответствовал классу крупности 0-8мм.

Выплавка ферротитана характеризуется высокой интенсивностью процессов плавления и восстановления. В результате проведенных испытаний был получен сплав, средний химический состав которого характеризовался следующими данными, в % по массе: Ti – 60,0; Si – 4,8; Al – 7,5; Fe – остальное. Содержание титана в сплаве было в пределах 57-63%, что соответствует сплаву марки ФТи60.

Восстановление диоксида титана до металла проходило ступенчато, через образование промежуточного монооксида титана, который обладает ярко выраженными основными свойствами, нежели высшие оксиды титана. При этом в шлаке образуется довольно прочное соединение с глиноземом типа  $\text{TiO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$ , а также  $\text{TiO}\cdot\text{TiO}_2$  и  $\text{Ti}_2\text{O}_3\cdot\text{TiO}_2$  и сложные твердые растворы на основе их решеток, которые усложняют процесс восстановления титана до металла. Для повышения извлечения титана в металл необходимо присаживать в шихту избыточное количество свежееобожженной извести, а на поверхность шлакового расплава – железотермитный осадитель в виде смеси железной стружки и незначительное количество алюминиевого порошка. При этом происходит рафинирование сплава от алюминия.

В целом испытания по получению высокопроцентного ферротитана дали положительный результат и получены кондиционные марки ферротитана – ФТи50А16 и ФТи60 из богатого титанового шлака, выплавленного из исходного шокашского ильменитового концентрата.

Немаловажное значение имеет способ загрузки шихты в печной агрегат. Для достижения высокой эффективности процесса выплавки высокопроцентного ферротитана последовательность загрузки шихты должна осуществляться по следующему принципиальному порядку:

- загружается смесь высокотитанистого шлака, извести и 2/3 части алюминиевого порошка и ФСА;
- после образования зеркала расплава равномерно подается оставшаяся 1/3 часть алюминия и ферросиликоалюминия в комплексе с гидратированной железной стружкой (железотермитный осадитель);
- по истекании экзотермических реакций расплав выдерживают в течение 15 минут и выпускают продукты плавки;
- набирают токовую нагрузку на оставшейся части расплава и загружают очередную порцию шихты;

Судя по энергетике взаимодействия диоксида титана с алюминием, реакция между ними протекает с незначительным выделением тепла, т.е. это слабозэкзотермическая реакция. При осуществлении данного процесса в печном агрегате прямого нагрева необходимо обеспечить тепловое воздействие дуг электродов в начале процесса плавления и восстановления и предельно сократить время его длительности. В целом время осуществления одной плавки не должно превышать 45-50 минут.

При выплавке ферротитана из высокотитанистого шлака незначительное использование в качестве восстановителя кремнийалюмосодержащего комплексного сплава ферросиликоалюминия позволяет снизить угар алюминия и повысить его полезное действие вследствие того, что алюминий присутствует в составе ферросиликоалюминия в виде химических соединений с кремнием и железом. Кроме того, ферросиликоалюминий, содержит  $Si \geq 55\%$ , это позволяет повысить извлечение титана, за счет образования более прочного (чем алюминид) силицида типа  $Ti_5Si_3$ .

Изучены физико-химические, технологические свойства высокотитанистого шлака от переработки шокашского концентрата на предмет возможности получения из него высокопроцентного ферротитана.

Восстановление диоксида титана до металла проходило ступенчато – через образование промежуточного монооксида титана, который обладает более ярко выраженными основными свойствами, нежели высшие оксиды титана. При этом в шлаке образуются довольно прочное соединение с глиноземом типа  $TiO \cdot Al_2O_3$ , а также  $TiO \cdot TiO_2$  и  $Ti_2O_3 \cdot TiO_2$  и сложные твердые растворы на основе их решеток.

В целом испытания по получению высокопроцентного ферротитана дали положительный результат и получены кондиционные марки ферротитана – ФТи50А16 и ФТи60 – из высокотитанистого шлака, выплавленного из исходного ильменитового концентрата.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Васютинский Н.А.* Титановые шлаки. - М.: Металлургия, 1972. - 208 с.
2. *Абдибеков Е.К., Гриненко В.И., Есенжулов А.Б., Петлюх П.С., Хворостян В.Н.* Комплексное освоение титан-циркониевого месторождения Шокаш // Сталь. - 2003. - №6. - 50-51с.
3. *Гасик М.И., Лякишев Н.П.* Теория и технология электрометаллургии ферросплавов: Учеб. для вузов. – М.: СП «Интермет Инжиниринг», 1999. – 764 с.

Исин Д.К., Байсанов С.О., Нурғали Н.З., Байсанов А.С., Исин Б.Д.

#### **Ферротитан алудың екі кезеңді технологиясы**

**Түйіндеме.** Болаттардың көміртекті және төмен қоспаланған таңбаларына титанды кіргізу түйіршіктерді ұсақтатуға, беріктендіруге және суыққа төзімділігін жоғарлатуға мүмкіншілік береді, ал жоғары қоспаланған болаттарда коррозияның кристаларалық ақауын болдырмайды. Ферротитан алудың екі кезеңді технологиясы әзірленген. Бұл технология бойынша алдымен жоғарытитанды қож балқытып алу, сонан соң келесі кезеңде ферротитанға дейін электрпештік алюмотермиялық тотықсыздау жүргізу керек. Жоғарыпайызды титан алу мақсатпен ильмениттік концентратты өңдеу кезінде оның физика-химиялық және технологиялық қасиеттері зерттелген.

**Түйінді сөздер:** Титан, коррозия, беріктендіру, қасиет, штамптау, ферротитан, лигатура, электрод, ұнтақ, әк, материал, тотығу, температура, оксид, оттегі, әк тас, концентрат, электрбалқыту, ферроқорытпа, металлотермия, металлургия.

Исин Д.К., Байсанов С.О., Нурғали Н.З., Байсанов А.С., Исин Б.Д.

### **Двухстадийная технология получения ферротитана**

**Резюме.** Введение титана в углеродистые и низколегированные марки сталей способствует измельчению зерна, упрочнению и повышению хладостойкости, а в высоколегированных сталях предотвращает дефект межкристаллитной коррозии. Разработана двухстадийная технология получения ферротитана. Она заключается в выплавке богатого титанового шлака с последующей стадией электропечного алуминотермического восстановления его до ферротитана. Изучены физико-химические, технологические свойства при переработке ильменитового концентрата с целью получения из них высокопроцентного ферротитана.

**Ключевые слова:** Титан, коррозия, упрочнение, свойство, штамповка, ферротитан, лигатура, электрод, порошок, известь, материал, окисление, температура, оксид, кислород, известняк, концентрат, электроплавка, ферросплав, металлотермия, металлургия.

Issin D.K., Baissanov S.O., Nurgali N.Z., Baissanov A.S., Issin B.D

### **Two-stage technology of ferrotitanium production**

**Summary.** Introduction of the titan into the carbon-bearing and low-alloyed brands of steel promotes grain crushing, hardening and cold resistance increase, and in high-alloyed steel it prevents defect of intercrystallite corrosion. There was developed the two-stage technology of ferrotitanium production. It consists in smelting of rich titanic slag with the subsequent stage of its electrooven aluminothermic reduction to ferrotitanium. There were studied the physical and chemical, technological properties at processing of ilmenite concentrate for the purpose of producing from them the rich ferrotitanium.

**Key words:** Titan, corrosion, hardening, property, stamping, ferrotitanium, ligature, electrode, powder, lime, material, oxidation, temperature, oxide, oxygen, limestone, concentrate, electric melting, ferroalloy, metalthermie, metallurgy.

**Б.Б. Абишева, М.М. Маратов, К.А. Сариев, Б.М. Байсаков**

(Международный университет информационных технологии,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

(Казахстанско-британский технический университет,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

## **РАСПОЗНАВАНИЕ И СЛЕЖЕНИЕ ЗА ХАРАКТЕРНЫМИ ТОЧКАМИ ЛИЦА В ВИДЕОПОТОКЕ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

### **Введение.**

Технология распознавания различных объектов в видеопотоке уже давно не новинка. Тем не менее, из-за потребности использования в различных приложениях (таких как видеонаблюдение, видеоконференции, информационная безопасность, контроль доступа, видеопоиск и т.д.) исследования на данную тему не прекращаются [2]. С каждым годом создаются новые алгоритмы для улучшения эффективности и точности распознавания объектов.

Однако само по себе распознавание объекта в видеопотоке чаще всего не дает достаточно информации, поэтому добавление возможности слежения за обозначенным объектом становится важным пунктом при обработке видеопотока. В данном докладе освещается технология распознавания характерных точек человеческого лица (таких как глаза, нос и губы) в кадре видеопотока и дальнейшее слежение за ними при помощи технологии оптического потока. Для большей эффективности характерные точки лица определяются только в первом кадре и в дальнейшем идет отслеживание передвижений этих точек.

### **Характерные точки или точки интереса**

Точка в изображении с хорошо обозначенной позицией, которую можно легко и быстро определить. Это означает что точкой интереса может быть угол, изолированная точка локального максимума или минимума интенсивности, концы линий и т.д.

### **Угол в изображении**

Угол в изображении является точкой пересечения двух граней или точка, близости от которой есть два существенных и разных направления граней.

### **Оптический поток**

Векторное поле видимого движения объектов, поверхностей и ребер в визуальной сцене, вызванное относительным движением между наблюдателем и сценой. Алгоритмы, основанные на оптическом потоке, такие как регистрация движения, сегментация объектов, кодирование движений и подсчет диспаратета в стерео используют это движение объектов, поверхностей и краев [1].

### **Распознавание лица и его характерных точек**

В первую очередь, для определения области лица используется знаменитый алгоритм Viola и Jones-a [3]. Этот алгоритм применяет каскадные классификаторы Хаар для определения объектов. В библиотеке компьютерного зрения OpenCV существует функция для данной задачи.

**CvSeq\* cvHaarDetectObjects** (constCvArr\* image, CvHaarClassifierCascade\* cascade, CvMemStorage\* storage, doublescaleFactor, intminNeighbors, intflags, CvSizeminSize)

#### **Параметры:**

**image** - изображение в котором требуется определить объект.

**cascade** - классификатор Хаар.

**storage** - буфер памяти в котором будут храниться результаты работы функции.

**scaleFactor** - фактор, на который увеличивается окно поиска в последующих сканированиях.

Например, 1.1 означает что при каждом последующем сканировании окно поиска увеличивается на 10%.

**minNeighbors** - минимальное количество соседних четырехугольников, которые составляют объект.

**flags** - флаги. На данный момент можно выбрать только CV\_HAAR\_DO\_CANNY\_PRUNING.

**minSize** - минимальный размер окна.

После определения области лица, используя существующие антропометрические пропорциональные зависимости человеческого лица, определяются области расположения глаз, бровей, носа и рта [4][5][6]. Затем в этих областях находят соответствующие, характерные объекты лица (т.е. глаза, нос и т.д.), используя алгоритм Viola и Jones-a [3]. После нахождения всех необходимых объектов лица, каждая область, в котором был определен объект, обрабатывается по отдельности для нахождения характерных точек лица для будущего отслеживания (такие как уголки глаз, ноздри, уголки рта и т.д.).

Для нахождения ноздрей в области носа используется тот факт что ноздри отличаются от окружающей их области своей темнотой [6]. Таким образом алгоритм определяет два самых темных региона в области где предположительно находится нос, и их центры обозначаются как ноздри.

Для области глаз были протестированы несколько алгоритмов, включая алгоритм Морейры [4], CannyEdgedetection и алгоритм FAST для обнаружения углов [7] [8]. Алгоритм Морейры[4] имел слишком большой уровень шума и был неэффективен для нахождения углов глаз. Однако модифицированная версия этого алгоритма подошла для нахождения зрачков глаз. Для определения зрачка сначала были определены и увеличены темные части в регионе. Эти регионы потом обозначились как блобы, и самый большой из них, который также расположен посередине, был обозначен как глаз, и его центр был определен как центр зрачка. Для нахождения углов глаз CannyEdgedetection дал недостаточно информации и нужные точки были найдены не все. Поэтому было решено использовать алгоритм FAST [7] [8], который с достаточной точностью определил расположение углов глаз. Из всех углов были взяты самые крайние слева и справа.

Для обнаружения уголков губ был также использован алгоритм FAST по тем же причинам, что и для уголков глаз.

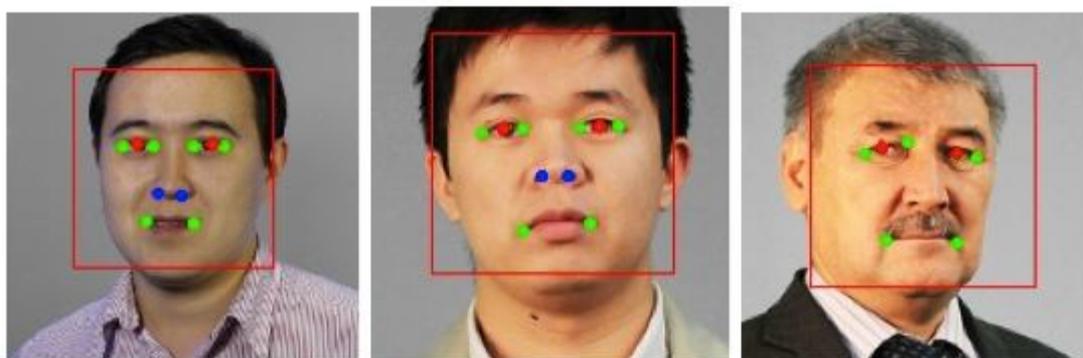


Рис. 1. Тестирование алгоритма на 2Д изображениях.

Таблица 1. Результат работы алгоритма на 482Д изображениях 50 человеческих лиц

Искомый объект	Кол-во правильно определенных	Кол-во неправильно определенных	Кол-во неопределенных
Лицо	49	0	1
Глаз	96	0	4
Зрачок	91	3	6
Уголки глаза	70	19	11
Нос	39	0	11
Ноздри	67	4	29
Рот	48	1	2
Уголки рта	89	6	7

#### Слежение за точками интереса в видеопотоке

Отслеживание точек проводится при помощи алгоритма оптического потока. В библиотеке OpenCV для этого есть несколько функций (voidcvCalcOpticalFlow\*).

После сравнения трех популярных алгоритмов слежения за точками интереса в видеопотоке [1] было определено что для поставленной задачи оптимальным методом слежения за точками интереса является модифицированная версия алгоритма Лукаса-Канаде [10].

```
voidcvCalcOpticalFlowPyrLK(constCvArr* prev, constCvArr* curr,
CvArr* prevPyr, CvArr* currPyr, const CvPoint2D32f* prevFeatures, CvPoint2D32f* currFeatures,
intcount, CvSizewinSize, intlevel, char* status, float* track_error, CvTermCriteriacriteria, intflags)
```

#### Параметры:

- prev** – Первый фрейм в момент времени t
- curr** – Второй фрейм в момент времени t + dt
- prevPyr** – Хранилище для данных пирамиды в первом фрейме. Если указатель не NULL, буфер должен иметь достаточный размер для хранения пирамиды от уровня 1 до уровня level; общий размер - (image\_width + 8) \* image\_height / 3 байта достаточно.
- currPyr** – как prevPyr, используемые для второго кадра;
- prevFeatures** – массив точек, для которых необходимо найти поток, смещение;
- currFeatures** – массив 2D точек для второго фрейма, содержащий рассчитанные новые позиции для точек заданных в начале;
- count** – количество наблюдаемых точек;
- winSize** – размер окна поиска в каждом уровне пирамиды;

## • Технические науки

**level** – максимальное число уровней пирамиды. Если 0, пирамида не используется (один уровень), если 1 уровня, используется, и т.д.

**status** – каждый элемент массива имеет значение 1, если поток для соответствующих функций был найден, иначе –0;

**track\_error** – массив вещественных чисел, содержащих разницу между пятнами вокруг начальных и конечных пунктов. Необязательный параметр, может быть NULL;

**criteria** – указывает, когда итерационный процесс нахождения потока для каждой точки на каждом уровне пирамиды должен быть остановлен;

**flags** – флаги, могут быть комбинацией из следующих:

CV\_LKFLOWPyг\_A\_READY – пирамида для первого кадра, предварительно вычисленная перед вызовом;

CV\_LKFLOWPyг\_B\_READY – пирамида для второго кадра, предварительно вычисленная перед вызовом;

CV\_LKFLOW\_INITIAL\_GUESSES – массив содержащий начальные координаты функции до вызова функцию.

В первом кадре видеопотока определяются точки интереса, затем используется алгоритм Лукаса–Канаде только на определенные точки. При потере двух и более точек интереса, в следующем кадре видеопотока опять проводится алгоритм их нахождения. Таким образом область работы алгоритма Лукаса–Канаде сокращается и его эффективность повышается.

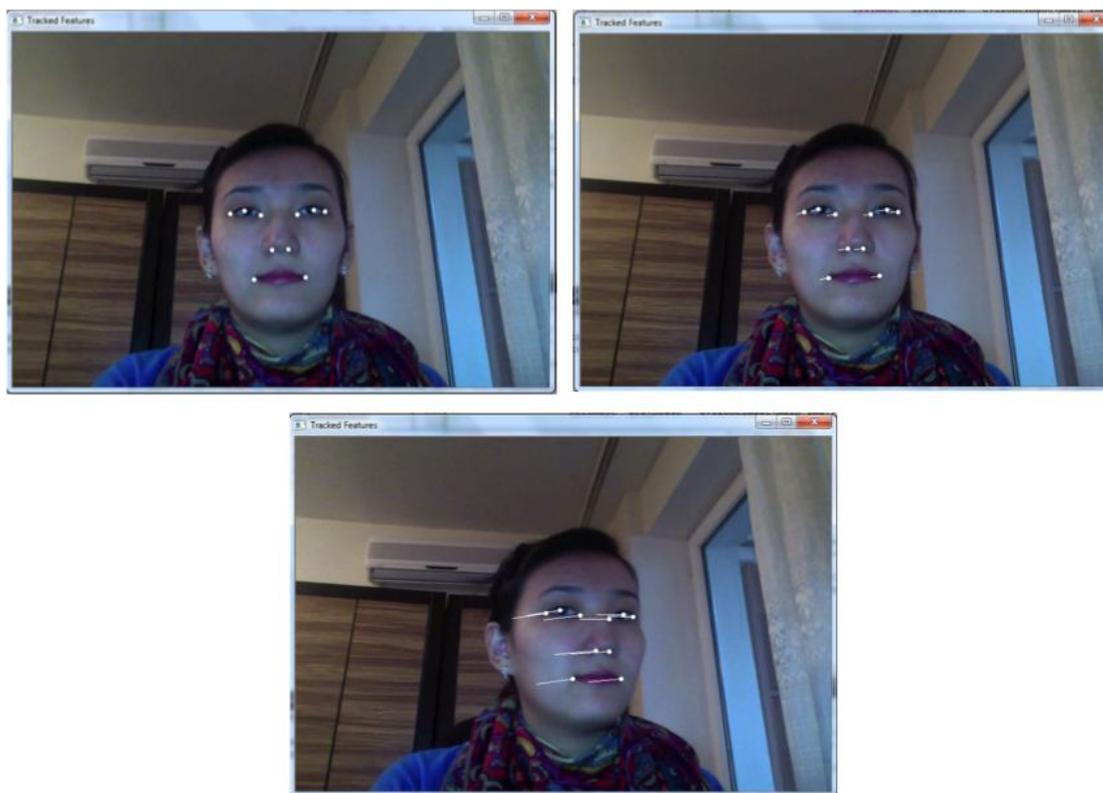


Рис. 2. Тестирование алгоритма на видеопотоке.

### Заключение

В результате тестирования различных алгоритмов по определению точек интереса в изображении было определено, что для оптимального нахождения характерных точек лица необходимо использовать комбинацию модифицированных версий этих алгоритмов. Было определено что алгоритм FAST дает наиболее точные результаты по нахождению углов в изображении. Предварительно площадь работы для алгоритма FAST была сокращена путём нахождения областей рта и глаз в изображении.

жени. Для нахождения ноздрей и зрачков использовались модифицированные версии алгоритмов Чена [6] и Морейры [4] на областях, предварительно определенных как нос и глаза, соответственно.

Для отслеживания передвижений найденных алгоритмом характерных точек лица, была использована модифицированная версия алгоритма Лукаса–Канаде, с ограниченной областью работы. Таким образом, алгоритм стал работать более эффективно.

В итоге у нас получился алгоритм, который находит характерные точки лица и отслеживает их передвижение в видеопотоке в режиме реального времени, без задержек.

#### ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байсаков Б.М., Акиабаев А.К., Маратов М.М., Абишева Б.Б., Найзабаева Л. Проблема слежения в реальном времени за точками изображения в видеопотоке. //Вестник Казахского Национального Университета им. К.И.Сатпаева. 2012. № 4. –С. 54-59.
2. Yan Yan and Zhang Yu-Jin. State-of-the-Art on Video-Based Face Recognition. //Chinese Journal of Computers. 2009. Vol.32. № 5. С. 878-886.
3. P. Viola and M. Jones. Robust real-time object detection. //International Journal of Computer Vision, 2001.
4. J. Moreira, A. Braun and S. Musse. Eyes and Eyebrows Detection for Performance Driven Animation. //23rd SIBGRAPI - Conference on Graphics, Patterns and Images, 2010.
5. Hua Gu Guangda and Su Cheng Du. Feature Points Extraction from Faces. //Image and Vision Computing NZ, 2003.
6. J. Chen and O. Lemon. Facial Feature Detection and Tracking in a New Multimodal Technology-Enhanced Learning Environment for Social Communication. //IEEE International Conference on Signal and Image Processing Applications, 2009.
7. E. Rosten and T. Drummond. Fusing points and lines for high performance tracking. //IEEE International Conference on Computer Vision, 2005.
8. E. Rosten and T. Drummond. Machine learning for high-speed corner detection. //European Conference on Computer Vision, 2006.
9. Вахитов А.Т., Павленко Д.В. Алгоритм случайной выборки в задаче поиска образца в изображении. Труды Спиран. 2009. Вып. 9, 178 с.
10. [Opencv v2.1 documentation «Motion Analysis and Object Tracking»](http://opencv.willowgarage.com/documentation/c/video_motion_analysis_and_object_tracking.html) [http://opencv.willowgarage.com/documentation/c/video\\_motion\\_analysis\\_and\\_object\\_tracking.html](http://opencv.willowgarage.com/documentation/c/video_motion_analysis_and_object_tracking.html)

Абишева Б.Б., Маратов М.М., Сариев К.А., Байсаков Б.М.

**Адам бетінің ерекше нүктелерін видеотолқында нақты уақыт тәртіптемесінде анықтап бақылау.**

**Түйіндеме.** Суретте ерекше нүктелерді анықтайтын бірнеше алгоритм қарастырылды, Виола-Джонс, Морейра, Чен. Ең нәтижелі алгоритм дерек еректі өзгерістер қосылып, жаңа адам бетінің ерекше нүктелерін анықтайтын алгоритм ұсынылды. Анықталған нүктелерді бақылау үшін Лукас-Канаденің оптикалық толқынын есептеу алгоритмі қолданылды. Сурет үлгісі бойынша іздеу, нүктелерді видеотолқында бақылау, видеотолқынды тиімді қусыру мәселелері қарастырылып, шешілді.

Абишева Б.Б., Маратов М.М., Сариев К.А., Байсаков Б.М.

**Распознавание и слежение за характерными точками лица в видеопотоке в режиме реального времени.**

**Резюме.** Были воспроизведены и протестированы несколько алгоритмов для нахождения точек интереса в цифровых изображениях. Самые эффективные были модифицированы и скомбинированы для получения конечного алгоритма, который распознает местоположение уголков глаз, зрачков, ноздрей и уголков рта. Для отслеживания найденных точек интереса было проведено сравнение самых популярных алгоритмов оптического потока. В результате был использован алгоритм Лукаса–Канаде. Конечный алгоритм определяет необходимые точки в первом кадре видеопотока и в дальнейшем следит за ними.

Abisheva B., Maratov M., Sariyev K., Baysakov B.

**Facial feature point detection and tracking in a video sequence in real-time.**

**Summary.** Several algorithms for feature detection were compared and the most efficient ones were chosen to detect facial feature points such as eye corners, eye balls, mouth corners and nostrils. For feature tracking several algorithms were compared as well. Lucas-Kanade algorithm was chosen to be performed on the detected points.

The result algorithm detects feature points to be tracked in the first frame of a video sequence and then uses these points in the Lucas-Kanade algorithm for tracking.

**Key words:** feature point detection, optical flow, feature point tracking, real-time tracking, object detection.

**К.С. Адыгузалзаде**  
(Центрально-Азиатский университет, г.Алматы, Республика Казахстан)

### **СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА**

**Аннотация.** Проблема отдачи скважин, подвергнутых гидроразрыву с последующей обработкой, является предметом постоянного обсуждения в нефтедобыче. Проблема охватывает все аспекты – от исследования свойств потока до разработки оптимальной конструкции. Оптимизация может затрагивать экономическую концепцию в целом, а также сводиться к уменьшению стоимости расходов на выполнение работ либо к достижению максимального темпа добычи или объема закачиваемой жидкости в единицу времени.

Технология нефтедобычи включает в себя целый ряд мероприятий, связанных с продуктивностью скважины. Одним из главных факторов является стремление ускорить темпы добычи путем увеличения дебита скважины или объема закачиваемой жидкости в единицу времени. Основная идея данной статьи – рассмотреть возможности применения гидроразрыва к пластам любой проницаемости, в твердой или мягкой породе.

**Ключевые слова:** нефть, пласт, гидроразрыв пласта, коэффициент продуктивности скважины.

Технология нефтедобычи включает в себя целый ряд мероприятий, связанных с продуктивностью скважины и индексом приемистости. В сущности, есть разница между технологией разработки пласта, которая охватывает широкий круг вопросов, связанных с нефтяными и газовыми коллекторами (в частности, объемом и временным охватом извлечения сжиженных нефтепродуктов), и технологией нефтедобычи, часто относящейся к одной или нескольким конкретным скважинам. Одним из главных факторов является стремление ускорить темпы добычи путем увеличения дебита скважины или объема закачиваемой жидкости в единицу времени. При этом широко внедряются и используются новые понятия, такие как повышение продуктивности и воздействие на скважину. Иногда настолько же важным является уменьшение депрессии скважины, т.е. разности давления вытеснения (пласта) и динамического забойного давления. На первый взгляд, чем ниже динамическое забойное давление, тем больше должен быть темп добычи, но это не всегда желательно. Понижение динамического забойного давления может повлечь за собой множество вредных последствий, таких как загрязнение, запарафинивание и отложение асфальтена; образование конуса обводнения или газового конуса и вынос песка. Таким образом, очень важно сразу же осознать, что возбуждение и предполагаемое увеличение коэффициента продуктивности скважины не приводят сами по себе к повышению темпа добычи. Коэффициент продуктивности распределяется при этом таким образом, что некая соответствующая его часть идет на повышение темпа выработки и/или уменьшение депрессии, в зависимости от характеристик данной скважины.

По всей видимости, гидроразрыв пласта является самым эффективным способом возбуждения притока за всю историю нефтедобывающей промышленности.

Инициирование гидроразрыва пласта в скважине представляет собой разрыв при растяжении или гидравлический разрыв окружающей породы вследствие закачивания жидкости<sup>(1-6)</sup>. Трещина распространяется от скважины в пласт по мере закачивания большого количества жидкости в единицу времени. Давление, необходимое для инициирования разрыва, часто оказывается значительно выше давления, требуемого для распространения трещины. Как правило, в соответствующий момент времени к закачиваемой жидкости добавляется расклинивающий агент, назначение которого – удерживать трещину в открытом состоянии. Таким образом, образуется канал для протекания жидкости из коллектора в ствол скважины.

Прежде метод гидроразрыва пласта применялся почти исключительно для стимуляции производительности или для закачки в скважины, находящиеся в малопроницаемых пластах. Трещина, полученная таким способом, всегда давала канал высокой проводимости. Соответственно, образование длинной трещины, допускающей значительную глубину прохода пласта по каналу высокой проводимости, всегда было основной целью при разработке малопроницаемых пластов. При отсутствии ограничений на гидроразрыв эта цель достигается без труда.

Однако в высокопроницаемых пластах увеличение удельной проводимости, имеющее место при образовании обычной трещины, было бы весьма незначительно и привело бы к образованию трещины с малой удельной проводимостью. Низкая проводимость имеет следствием сильное падение давления по всей длине трещины в процессе выработки. Это было бы экономически невыгодно, поскольку в таком случае длина трещины не работает на повышение производительности скважины.

Следует отметить, что именно по проницаемости необходимо сравнивать движение флюидов сквозь образовавшуюся трещину с движением флюидов в противном случае, т.е. без образования трещины. В малопроницаемых коллекторах даже при небольшом воздействии на пласт образуется трещина с высокой удельной проводимостью. При этом трещина обязательно должна быть узкой и длинной. Даже нефтяники-эксплуатационники часто об этом забывают. Не так уж трудно закачать большое количество расклинивающего агента и «забить трещину» в малопроницаемом пласте. Часто требуется закачка расклинивающего раствора очень низкой концентрации в течение долгого времени.

Напротив, в высокопроницаемых коллекторах именно итоговая удельная проводимость трещины является важнейшим фактором, в то время как длина ее имеет лишь второстепенное значение.

Выявлению этого физического условия на гидроразрыв высокопроницаемых пластов в немалой мере способствовала разработка методики образования блока расклинивающего агента на входе в трещину. Этот метод обеспечивает прекращение бокового расширения трещины с последующей закачкой. В результате образуется относительно короткая широкая трещина с гораздо большей удельной проводимостью по сравнению со случаем гидроразрыва без ограничений. Далее, в разрывах небольшой длины протечка флюида в пласт незначительна (что особенно важно при разработке в высокопроницаемых пластах), а это способствует достижению цели обработки.

Итак, в последние несколько лет наметились широкие возможности применения гидроразрыва к высокопроницаемым пластам. Для применения гидроразрыва высокопроницаемых пластов имеются следующие основания:

1. Предотвращение повреждения продуктивного пласта.

Трещина, распространяющаяся за пределы области повреждения призабойной зоны, эффективно предотвращает и сводит на нет эффекты упомянутой зоны повреждения. Если не принять мер против этих эффектов, производительность уменьшится, и произойдет значительное нежелательное падение давления в скважине. Кислотная обработка под давлением ниже давления гидроразрыва часто недостаточно эффективно предотвращает повреждения в призабойной зоне либо оказывается безрезультатной.

2. Снижение депрессии в призабойной зоне при выходе продукта.

Депрессия, равная разности давлений пласта и динамического забойного давления, является единственной силой, обеспечивающей движение потока от пласта к стволу скважины. Увеличение депрессии может сказаться на прочности пласта. Непрочность пласта может привести к миграции мелких фракций и песка в зону ствола скважины. При коротком и широком разрыве эта проблема решается в результате уменьшения как депрессии, так и скорости песка-коллектора вблизи ствола скважины.

3. Улучшение сообщения между слоями пласта и стволом скважины.

В многослойных пластах из песка и сланца тонкий слой песка может недостаточно эффективно сообщаться со стволом скважины. Образование трещины обеспечивает непрерывную проницаемую по вертикали связь с перфорационными каналами.

4. Уменьшение воздействия недарсиевого потока в очень осушенном газе и/или в газоконденсатах.

Обычно для пластов с проницаемостью ниже 5 миллидарси влияние недарсиевого потока незначительно. В высокопроницаемых пластах недарсиев член возрастает и может существенно уменьшить дебит скважины. Гидроразрыв обеспечивает более высокую удельную проводимость, и скорость потока от резервуара может уменьшиться достаточно для устранения или существенного уменьшения недарсиевых эффектов [8].

ЛИТЕРАТУРА

1. Экономидес М.Дж., Уоттерс Л.Т., Данн-Норман С. «Строительство нефтяной скважины». – Economides, M.J., Watters, L.T., Dunn-Norman, S.: "Petroleum Well Construction", Wiley, 1994.
2. Экономидес М.Дж., Хилл А.Д., Элиг-Экономидес К. «Система нефтедобычи». – Economides, M.J., Hill, A.D., Ehlig-Economides, C.: "Petroleum Production System," Prentice Hall, 1994
3. Экономидес М.Дж., Нолт К.Г. «Возбуждение пласта». – Economides, M.J., Nolte, K.G.: "Reservoir Stimulation," Third Edition, Wiley, 2000.
4. *Дастерхофт Р.Г., Чемпен Б.Дж.* «Повышение продуктивности высокопроницаемых пластов с помощью гидроразрыва». – Dusterhoft, R.G., Chapman, B.J.: "Fracturing High Permeability Reservoirs Increases Productivity," *Oil and Gas Journal*, June 20, 1994.
5. *Махерджи Х.* «Продуктивность скважины, подвергнутой гидроразрыву: ключ к успешной обработке трещины». – Mukherjee, H.: "Fractured Well Performance: Key to Fracture Treatment Success," Paper SPE 50976, 2000.
6. *Фан Й., Экономидес М.Дж.* «Размеры скважины при возбуждающем воздействии путем гидроразрыва с применением расклинивающего агента». – Fan, Y., Economides, M.J.: "Fracture Dimensions in Frac&Pack Stimulation," Paper SPE 30469, 1995.
7. *Смит М.Б., Миллер И.И.У.К., Хага Й.* «Гидроразрыв с образованием блока расклинивающего агента на входе в трещину: разработка технологии для мягких неустойчивых пластов». – Smith, M.B., Miller I I, W.K., Haga, J.: "Tip Screenout Fracturing: A Technique for Soft, Unstable Formation," *SPEPE* (May 1987) 95-103.
8. *Сеттари А., Старк А.Дж., Джонс Дж.Р.* «О применении гидроразрыва газовых скважин в высокопроницаемых пластах с целью уменьшения неударсиевого скин-эффекта». – Settari, A., Stark, A.J., Jones, J.R.,: "Analysis of Hydraulic Fracturing of High Permeability Gas Wells to Reduce Non-Darcy Skin Effects," *JCPT* May 2000, Volume 39, No.5.
9. *Прагс М.* «Влияние вертикальных трещин на повешение пласта: Случай несжимаемой жидкости». – Prats, M.: "Effect of Vertical Fractures on Reservoir Behavior, Incompressible Fluid Case," *SPEJ* (June 1961) 105-118.
10. *Синко-Лей Х., Саманиего В.Ф. и Домингес А.Н.* «Поведение неустановившегося давления в скважинах с вертикальной трещиной ограниченной проводимости». – Cinco-Ley, H., Samaniego-V., F. and Dominguez-A., N.: "Transient Pressure Behavior for a Well with a Finite-Conductivity Vertical Fracture," *SPEJ*, (Aug. 1978) 253-264.
11. *Синко-Лей Х. и Саманиего В.Ф.* «Анализ неустановившегося давления: Случай трещины с ограниченной проводимостью в сравнении со случаем закупоренной трещины». – Cinco-Ley, H. and Samaniego-V., F.: "Transient Pressure Analysis: Finite Conductivity Fracture Case Versus Damage Fracture Case," Paper SPE 10179, 1981.
12. *Матур А.К., Нинг Кс., Марсино Р.Б., Элиг-Экономидес К.А. и Экономидес М.Дж.* «Возбуждение гидроразрывом высокопроницаемых пластов: Влияние параметров критической трещины на продуктивность нефтяной скважины». – Mathur, A.K., Ning, X., Marcineau, R.B., Ehlig-Economides, C.A., and Economides, M.J.: "Hydraulic Fracture Stimulation of Highly Permeable Formations: The Effect of Critical Fracture Parameters on Oilwell Production," Paper SPE 30652, 1995.
13. *Хант Дж.Л., Чен К.К., Солимен М.Й.* «Отдача трещины, полученной гидроразрывом высокопроницаемых пластов». – Hunt, J.L., Chen, C.C., Soliman, M.Y.: "Performance of Hydraulic Fractures in High Permeability Formations," SPE Paper 28530, 1994.

Адыгузалзаде К.С.

**Гидрожарулыдың оңтайландыруының қазіргі әдістері.**

**Түйіндеме.** Бұл мақаланың негізгі идеясы қатты және жұмсақ жыныстарда, өткізгіштікті арттыру мақсатында гидрожарулыдың қолданылу мүмкіндіктеріне арналған. Ара нәтиже гидроүзілістің және өткір қаяртыстың гидроүзілісінің әдістемесінің зерттемесінің технологиясының жетілдір- кәсіби сленгке аударғанда «алшақтық расклинивание» деп атайды, гидроүзілістің технологиясының қолданылатын, ұңғыманың барлық көріністеріне таратып жіберілген. Бірінші кезекте газды ұңғымаларға қатысты. Осы уақытта гидрожарулы технологиясы мұнайдың 60 пайыздан аса, ал 85 пайыз газды ұңғымаларда қолданылады, осы әдістің қолдасының облысы ауқамданып келе жатады.

**Негізгі сөздер:** гидрожарулы технологиясы, кабат, жыныс, ұңғыма, өткізгіштік.

Адыгузалзаде К.С.

**Современные методы оптимизации гидроразрыва пласта.**

**Резюме.** В статье рассмотрен вопрос возможности применения гидроразрыва к пластам любой проницаемости, в твердой и мягкой породе. В результате усовершенствования технологий гидроразрыва и разработки методики гидроразрыва высокопроницаемых пластов (high permeability fracturing: HPF), которую на профессиональном сленге называют обычно «frac & pack» (разрыв с расклиниванием), технологию гидроразрыва, применяющуюся ранее лишь для малопроницаемых пластов, удалось распространить на все виды скважин. В

первую очередь это касается газовых скважин. В настоящее время технология гидроразрыва пласта применяется при разработке более 60 процентов нефтяных и 85 процентов газовых скважин, и область применения этого метода продолжает расширяться.

**Ключевые слова:** технология гидроразрыва, пласт, порода, скважина, проницаемость.

Adyguzalzade K.S.

**Modern methods of optimizing hydraulic fracturing.**

**Summary.** The paper deals with the possibility of using hydraulic fracturing to any permeability layers in hard and soft kind. As a result of improvements in technology and the development of hydraulic fracturing technique of high-permeability reservoirs (high permeability fracturing: HPF), which in the professional slang is usually called «frac & pack», fracturing technology previously used only for low-permeability reservoirs, could be extended to all wells. In particular this applies to gas wells. Currently fracturing technology used to produce more than 60 percent oil and 85 percent gas wells, and the scope of the method continues to expand

**Key words:** fracturing technology, layer, stock, well, permeability.

УДК 613.648: 624.04: 621.375: 621.039

**К.М. Касенов, Р.Е. Жумагулова, Д.С. Ким**

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

(Международная образовательная корпорация, г. Алматы, Республика Казахстан)

(Институт ядерной физики Министерства индустрии и новых технологий,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

**РАДИАЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В ЯПОНИИ ЧЕРЕЗ ДВА ГОДА  
ПОСЛЕ АВАРИИ НА АЭС «ФУКУСИМА-1»**

11 марта 2011 г. в результате разрушительного землетрясения магнитудой 9.0 и последовавшего за ним цунами на северо-востоке Японии произошла авария на АЭС «Фукусима-1». Землетрясение и цунами на тихоокеанском побережье в той или иной мере затронули 5 АЭС (Касивадзаки, Карива, Хамаока, Фукусима-1 и Фукусима-2), которые в соответствии с регламентом были своевременно остановлены после срабатывания сейсмодатчиков и безопасного снижения мощности (аварийного останова) реакторов. Однако четыре комплекса на АЭС «Фукусима-1» получили серьезные повреждения из-за потери внешней электрической нагрузки и выхода из строя резервных генераторов, затопленных 14-метровой волной цунами. В результате произошло повышение температуры в активной зоне, расплавление топлива и активной зоны, паро-циркониевая реакция [1], приведшая к утечке водорода и его взрыву и как следствие – выброс больших объемов радиоактивных аэрозолей в окружающую среду.

Ядерной аварии на АЭС «Фукусима-1» присвоен 7 уровень сложности по шкале INES [1] – такой же, как у Чернобыльской аварии, хотя количество выброшенной в окружающую среду радиоактивности в результате аварии на АЭС «Фукусима-1» ( $770 \cdot 10^{15}$  Бк) составляет не более 15% от объема выбросов при Чернобыльской аварии ( $5200 \cdot 10^{15}$  Бк). Сопоставление последствий ядерных аварий по суммарным активностям залповых выбросов не вполне обосновано с точки зрения физики, поскольку суммирование активностей альфа-, бета-, гамма- и нейтронных излучателей алогично, но, тем не менее, это единственный способ произвести количественное сравнение масштабов происшествий.

Сравнительные данные о суммарных активностях, выброшенных в окружающую среду в результате аварий на АЭС «Фукусима-1» и на Чернобыльской АЭС, представлены в таблице 1 [2].

Таблица 1. Активности аварийных выбросов из реакторов BWR-3 (энергоблок 1 АЭС «Фукусима-1»), BWR-4 (энергоблоки 2 и 3 АЭС «Фукусима-1») и РБМК-1000 (энергоблок 4 Чернобыльской АЭС) [2]

Изотоп	$^{133}\text{Xe}$	$^{134}\text{Cs}$	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}$	$^{131}\text{I}$	$^{239}\text{Pu}$
Выброс из BWR-3, Бк	$3,4 \cdot 10^{18}$	$7,1 \cdot 10^{14}$	$5,9 \cdot 10^{14}$	$6,1 \cdot 10^{12}$	$1,2 \cdot 10^{16}$	$8,6 \cdot 10^7$
Выброс из BWR-4, Бк	$3,5 \cdot 10^{18}$	$1,6 \cdot 10^{16}$	$1,4 \cdot 10^{16}$	$4,8 \cdot 10^{13}$	$1,4 \cdot 10^{17}$	$3,1 \cdot 10^9$
Выброс из BWR-4, Бк	$4,4 \cdot 10^{18}$	$8,2 \cdot 10^{14}$	$7,1 \cdot 10^{14}$	$8,5 \cdot 10^{13}$	$7,0 \cdot 10^{15}$	$4,0 \cdot 10^7$
Суммарный выброс АЭС «Фукусима-1»	$1,1 \cdot 10^{19}$	$1,8 \cdot 10^{16}$	$1,5 \cdot 10^{16}$	$1,4 \cdot 10^{14}$	$1,6 \cdot 10^{17}$	$3,2 \cdot 10^9$
Выброс из РБМК-1000, Бк	$1,7 \cdot 10^{18}$	$3,8 \cdot 10^{16}$	$8,5 \cdot 10^{16}$	$1,4 \cdot 10^{17}$	$1,8 \cdot 10^{18}$	$0,7 \cdot 10^{14}$

Параметры холодного останова (температура активной зоны ниже  $80^\circ\text{C}$ ) аварийных реакторов АЭС «Фукусима-1» были достигнуты лишь к концу октября 2011 г.; тогда же прекратилось поступление радиоактивности во внешнюю среду.

Радиационный контроль в районе АЭС «Фукусима-1», спустя два года после аварии, был проведён с целью определения радиационного гамма-фона местности в префектурах, над которыми распространялись шлейфы радиоактивных облаков, а также остаточных уровней радиоактивного загрязнения объектов окружающей среды и сельскохозяйственных продуктов.

При проведении мониторинга радиоактивного загрязнения окружающей среды в префектурах Аомори, Мияги, Фукусима, Ниигата, Исикава, Ибараки, Канагава, Сидзуока, Осака, Киото, Окаяма, Тотторе, Симанэ, Кагосима, Нагасаки и Эхимэ применялась методика, состоящая из отбора проб, подготовки счётных образцов, их спектрометрического анализа и обработки полученных результатов. Радиозоологические исследования проводились в вышеперечисленных префектурах Японии, поскольку распространение радиоактивного облака в результате аварии на АЭС «Фукусима-1» происходило именно над их территориями [3].

Чувствительность методики мониторинга загрязнения окружающей среды, проведённого в районе АЭС «Фукусима-1», зависит главным образом от чувствительности спектрометра. В ходе исследований применялось 2 типа спектрометров: один – переносной с нижним порогом чувствительности 6 Бк, а другой – стационарный и гораздо более чувствительный. Определяя спектр изотопов, содержащихся в пробе, спектрометр автоматически указывает погрешность измерений активностей каждого радионуклида в счётном образце. При вероятности ошибки измерения более 40% его результат аннулируется [4].

Помимо чувствительности спектрометра на точность результатов измерений исследуемых объектов влияет соблюдение правил отбора проб, приготовления счётных образцов и, непосредственно, выполнения измерений. Следует отметить, что отобранные пробы из всех 16 префектур доставлялись в исследовательскую лабораторию университета Kinki в Осаке (3-4-1 Kowakae, Higashiosaka City, Osaka 577-8502, Japan), где из них изготавливались счётные образцы, которые в дальнейшем подвергались спектрометрическому анализу. Таким образом, в большинстве случаев выдержка проб происходила на 10-15 суток дольше, чем предусмотрено методикой [4], однако это отклонение существенно не повлияло на конечный результат измерений, учитывая продолжительные периоды полураспада  $^{134}\text{Cs}$  ( $T_{1/2} = 2,09$  лет) и  $^{137}\text{Cs}$  ( $T_{1/2} = 30$  лет).

Программа экологического мониторинга включала:

1. Измерение радиационного гамма-фона местности. Гамма-съёмка факела проводилась с наветренной (Аомори и Мияги) и подветренной (Ниигата, Исикава, Ибараки, Канагава, Сидзуока, Осака, Киото, Окаяма, Тотторе, Симанэ, Кагосима, Нагасаки и Эхимэ) стороны от АЭС «Фукусима-1» с помощью переносных дозиметров ICS-331В и ICS-323С японской компании “Hitachi Aloka Medical, Ltd.” (6-22-1, Mure, Mitaka-shi, Tokyo, 181-8622, Japan), способных регистрировать мощность эквивалентной дозы рентгеновского, бета- и гамма-излучения в пределах от 0,03 мкЗв/час до  $10 \text{ м}^3/\text{час}$ . Данные о мощностях доз отмечались на схематической карте местности в городах префектур по пути распространения радиоактивных облаков [3, 4].

Схема карты местности с обозначением городов (префектур), в которых производились замеры радиационного гамма-фона и отбирались пробы почвы, травы, воды, осадков и сельскохозяйственных продуктов, изображена на рисунке 1.



**Рис. 1.** Схематическая карта городов (префектур) Японии, в которых производился радиационный мониторинг окружающей среды

2. Определение концентраций долгоживущих и короткоживущих радиоактивных аэрозолей в пробах воздуха, отобранных в префектурах с наветренной (Аомори и Мияги) и подветренной (Ниигата, Исикава, Ибараки, Канагава, Сидзуока, Осака, Киото, Окаяма, Тотторе, Симанэ, Кагосима, Нагасаки и Эхимэ) стороны от аварийной АЭС «Фукусима-1». Для отбора проб использовался переносной аспирационный прибор RADeCO, модель H-810-2, произведённый компанией «Radiation Detection Company» (17 West Pkwy, Plainfield CT 06374, New England).

Пробы воздуха отбирались в течение 2 часов: воздух пропусклся со скоростью 35 CFM ( $0,98 \text{ м}^3$  в минуту) через фильтр HD-2061 диаметром 0,025 м [4]. Фильтры HD-2061, через которые был пропущен воздух, озолялись, а зольный остаток подвергался спектрометрическому анализу.

3. Определение остаточного уровня радиоактивного загрязнения в осадках и оседающей пыли, морской и океанической воде, почве, растительности и сельскохозяйственной продукции, пробы которых отобраны в тех же префектурах Японии, где производились замеры уровня гамма-фона и забор воздуха.

Пробы пыли и атмосферных осадков собирались в винилплатовые кюветы размерами  $0,5 \cdot 0,5 \text{ м}$ , с высотой бортов 10 см, укрепленные на высоте 1,5 ... 2 м от поверхности земли. Размеры кювет обеспечивают необходимую счётность пробы при низком уровне радиоактивных выпадений [4].

Кюветы с накопленными пробами оседающей пыли обрабатывались смоченным в спирте ватным тампоном, который впоследствии озолялся при температуре  $450^\circ\text{C}$  и подвергался спектрометрическому анализу. Жидкие осадки переливались из кювет в кварцевые чашки и выпаривались на электрической плитке; стенки чашек протирались смоченным 10 %-ным раствором серной или азотной кислоты ватным тампоном, который также измерялся на спектрометре после озоления.

Пробы почвы отбирались методом квартования на глубине 50 ... 100 мм, высушивались и просеивались через сито с размером ячейки  $1 \div 1,5 \text{ мм}^2$ . Пробы травы отбирались массой  $1 \div 2 \text{ кг}$  в тех же точках, что и почва, высушивались и озолялись. Измерения активности почвы в суховоздушном состоянии и озолённой травы проводились на трети-пятнадцатые сутки после отбора.

Объёмы проб морской и океанической воды (2÷6 литров) выпаривались в кварцевых чашках до образования сухого остатка на стенках. Сухой остаток снимался ватным тампоном, смоченным в спирте или в растворе азотной кислоты, и озолялся при температуре 450°C. Затем проводился спектрометрический анализ счётных образцов.

В тех же акваториях, в которых отбирались пробы воды, вылавливалась рыба различных сортов. Пойманная рыба доставлялась в лабораторию, где производилась подготовка счётных образцов из рыбьих голов с жабрами, туловищ с хребтами и из печени. Озоление рыбы происходило также при температуре 450°C, а зольный остаток подвергался спектрометрическому анализу. Поскольку лов наиболее популярных в Японии сортов рыбы осуществляется донными тралами на глубине от 40 ÷ 60 м (желтохвостая лакедра, золотая макрель) до 120 ÷ 150 м (палтус), счётные образцы изготавливались из продукции, приобретённой в гаванях и на ближайших к ним ярмарках.

Чтобы определить наличие радионуклидов в сельскохозяйственных продуктах наземного происхождения проводился спектрометрический анализ риса и шпината, собранных в районах, над которыми распространялось радиоактивное облако от эпицентра аварии на АЭС «Фукусима-1». Собранные рис и шпинат высушивались сначала при комнатной температуре, затем – в сушильном шкафу при температуре 120°C, после чего озолялись в муфельной печи при температуре 450°C. Удельные активности техногенных радионуклидов определялись в зольных остатках шпината и риса с помощью спектрометра.

Пешеходная гамма-съемка в городах и префектурах, расположенных по направлению распространения радиоактивного облака, проводилась с помощью промышленных приборов ICS-331В и ICS-323С, работающих на основе газоразрядных ионизационных камер. Усреднённые значения результатов измерений гамма-фона местности в 16 префектурах показаны в таблице 2.

Таблица 2. Уровни радиационного фона местности в префектурах Японии по направлению распространения радиоактивного облака через два года после аварии на АЭС «Фукусима-1»

Название города (префектуры)	Мощность дозы (радиационный фон), мк <sup>3</sup> /час	Дата проведения измерения	Прибор радиационного контроля
Фукусима *	0,33	01.03.2013 г.	ICS-331В
Мито (Ибараки)	0,18	07.03.2013 г.	ICS-331В
Йокогама (Канагава)	0,11	09.03.2013 г.	ICS-331В
Сидзуока	0,21	10.03.2013 г.	ICS-331В
Киото	0,20	12.03.2013 г.	ICS-331В
Осака	0,15	12.03.2013 г.	ICS-331В
Окаяма	0,13	14.03.2013 г.	ICS-331В
Мацуяма (Эхимэ)	0,10	17.03.2013 г.	ICS-323С
Кагосима	0,11	20.03.2013 г.	ICS-323С
Нагасаки	0,08	21.03.2013 г.	ICS-323С
Мацуэ (Симанэ)	0,07	23.03.2013 г.	ICS-323С
Тоттори	0,09	24.03.2013 г.	ICS-323С
Канадзава (Исикава)	0,16	28.03.2013 г.	ICS-323С
Ниигата	0,11	30.03.2013 г.	ICS-323С
Сендай (Мияги)	0,17	04.04.2013 г.	ICS-331В
Аомори	0,10	08.04.2013 г.	ICS-331В

\* Измерения гамма-фона в Фукусиме производились на всей территории префектуры, за исключением площади 20-километровой зоны, окружающей аварийные реакторы BWR-3 и BWR-4. В реперной точке контроля № 83 на границе 20-километровой зоны мощность дозы превышала 20 мк<sup>3</sup>/ч.

Результаты спектрометрического анализа фильтров HD-2061 (таблица 3), снятых с пробоотборника RADeCO, с помощью которого проводился забор проб воздуха, показали, что в префектурах Японии по направлению распространения радиоактивных облаков после аварии на АЭС «Фукусима-1» объёмная активность атмосферного воздуха не превышает  $7 \cdot 10^{-3}$  Бк/м<sup>3</sup>.

Таблица 3. **Объёмные активности проб атмосферного воздуха, отобранных в префектурах Японии по направлению распространения радиоактивного облака через два года после аварии на АЭС «Фукусима-1».**

Название города (префектуры)	Объёмная активность, Бк/м <sup>3</sup>	Дата проведения измерения	Объём прокачанного воздуха, м <sup>3</sup>
Фукусима **	$6,4 \cdot 10^{-3}$	02.03.2013 г.	120
Мито (Ибараки)	$3,5 \cdot 10^{-3}$	07.03.2013 г.	120
Йокогама (Канагава)	$2,2 \cdot 10^{-3}$	09.03.2013 г.	117,6
Сидзуока	$4,1 \cdot 10^{-3}$	10.03.2013 г.	115
Киото	$3,8 \cdot 10^{-3}$	12.03.2013 г.	119
Осака	$2,9 \cdot 10^{-3}$	12.03.2013 г.	122
Окаяма	$2,5 \cdot 10^{-3}$	14.03.2013 г.	118
Мацуяма (Эхимэ)	$1,9 \cdot 10^{-3}$	17.03.2013 г.	118
Кагосима	$2,1 \cdot 10^{-3}$	20.03.2013 г.	116
Нагасаки	$1,6 \cdot 10^{-3}$	21.03.2013 г.	117
Мацуэ (Симанэ)	$1,5 \cdot 10^{-3}$	23.03.2013 г.	121
Тоттори	$1,7 \cdot 10^{-3}$	24.03.2013 г.	120,2
Канадзава (Исикава)	$3,1 \cdot 10^{-3}$	28.03.2013 г.	120
Ниигата	$2,1 \cdot 10^{-3}$	30.03.2013 г.	117,5
Сендай (Мияги)	$3,3 \cdot 10^{-3}$	04.04.2013 г.	118
Аомори	$1,9 \cdot 10^{-3}$	08.04.2013 г.	119,3

\*\* Воздухозабор в Фукусиме произведён на расстоянии 20 км от аварийных реакторов BWR-3 и BWR-4; отбор проб воздуха непосредственно на промплощадке АЭС «Фукусима-1» не производился.

Объёмная активность атмосферного воздуха определялась по результатам спектрометрии фильтров. С помощью чашечного анемометра измерялась скорость всасывания воздуха пробоотборником, или скорость прокачки через фильтр. Произведением времени на скорость прокачки определяет объём воздуха, пропущенного через фильтр. Деление результата спектрометрического анализа на объём прокачанного воздуха позволяет получить объёмную активность.

Данные таблицы 3 могут свидетельствовать о том, что при годовом объёме вдыхаемого воздуха 8100 м<sup>3</sup> [6, 7] взрослый человек, проживающий на границе 20-километровой зоны от АЭС «Фукусима-1», подвергнется внутреннему облучению дозой, сформированной смесью изотопов, с суммарной активностью 56,7 Бк.

Чтобы рассчитать годовую дозу внутреннего облучения человека от вдыхания воздуха, обладающего объёмной активностью  $6,4 \cdot 10^{-3}$  Бк/м<sup>3</sup>, необходимо в первую очередь определить, какими именно радиоизотопами она сформирована. Результаты спектрометрического анализа озолённых фильтров HD-2061 аспирационного прибора RAdCO, (модель H-810-2), говорят о том, что основным техногенным радиоизотопом, обуславливающим объёмную активность счётных образцов атмосферного воздуха, является цезий-137 (таблица 4). Доза внутреннего облучения будет зависеть не только от объёмной активности радионуклида, но и от дисперсности, и от пути поступления в организм.

Таблица 4. **Радиоизотопный состав атмосферного воздуха в префектурах Японии по направлению распространения радиоактивного облака через два года после аварии на АЭС «Фукусима-1»**

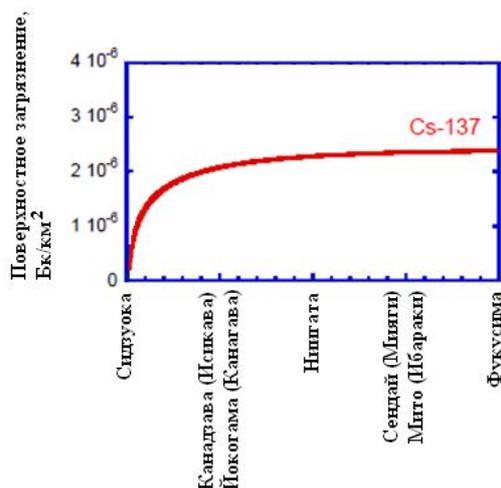
Название города (префектуры)	Объёмная активность, Бк/м <sup>3</sup>			
	<sup>131</sup> I	<sup>134</sup> Cs	<sup>137</sup> Cs	<sup>7</sup> Be
Фукусима	н/о	$0,2 \cdot 10^{-3}$	$4,1 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$
Мито (Ибараки)	$0,04 \cdot 10^{-3}$	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$
Йокогама (Канагава)	н/о	н/о	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-3}$
Сидзуока	$0,02 \cdot 10^{-3}$	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Киото	н/о	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$2,4 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$
Осака	н/о	н/о	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$0,9 \cdot 10^{-3}$
Окаяма	н/о	н/о	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$0,8 \cdot 10^{-3}$
Мацуяма (Эхимэ)	н/о	н/о	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$0,6 \cdot 10^{-3}$

• **Технические науки**

Кагосима	н/о	н/о	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-3}$
Нагасаки	н/о	н/о	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$0,5 \cdot 10^{-3}$
Мацуэ (Симанэ)	н/о	н/о	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$0,5 \cdot 10^{-3}$
Тоттори	н/о	н/о	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$0,6 \cdot 10^{-3}$
Канадзава (Исикава)	$0,02 \cdot 10^{-3}$	н/о	$2,0 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$
Ниигата	$0,03 \cdot 10^{-3}$	н/о	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$0,7 \cdot 10^{-3}$
Сендай (Мияги)	$0,01 \cdot 10^{-3}$	$0,1 \cdot 10^{-3}$	$2,1 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$
Аомори	н/о	н/о	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$0,6 \cdot 10^{-3}$

н/о – значение ниже порога чувствительности спектрометра

В зольных остатках ватных тампонов, с помощью которых отбирались пробы пыли на днищах винипластовых кювет, также обнаружено присутствие, в основном, цезия-137, причём уровни поверхностных загрязнений днищ винипластовых кювет, установленных в различных префектурах, колеблются в пределах от  $0,1 \cdot 10^{-6}$  до  $2,2 \cdot 10^{-6}$  Бк/км<sup>2</sup>. На рисунке 2 показано распределение остаточного поверхностного загрязнения цезием-137 днищ винипластовых кювет, установленных в различных префектурах Японии в направлении распространения радиоактивного облака после аварии на АЭС «Фукусима-1». Следы других радионуклидов (кадмия-109, лантана-140, цезия-134 и пр.) в изотопном составе проб пыли незначительны или их объёмные (удельные) активности ниже уровня чувствительности спектрометра.



**Рис. 2.** Результаты анализа проб глобальных выпадений и оседающей местной пыли на наличие в них цезия-137 в префектурах Японии по направлению распространения радиоактивных облаков через два года после аварии на АЭС «Фукусима-1»

Эффективную дозу облучения человека от радиоактивно загрязненных поверхностей ( $D_s$ ) можно найти по формуле [9]:

$$D_s = K(i) \cdot A(i) \cdot X \cdot V \cdot T, \quad (1)$$

где:  $K(i)$  – дозовый коэффициент, зависящий от удалённости от места выброса радионуклида в атмосферу. На расстоянии 20 км от аварийных реакторов АЭС «Фукусима-1»  $K(i) = 0,052 \cdot 10^{-13}$  Зв/Бк [9];

$A(i)$  – объёмная активность цезия-137 в атмосферном воздухе (таблица 4);

$X = 8,1 \cdot 10^{-6}$  с / м<sup>3</sup> – коэффициент разбавления радиоактивной примеси в атмосфере с классами устойчивости А, В и F по Паскуиллу [10];

$V = 2,0 \cdot 10^{-2}$  м<sup>3</sup>/с – скорость осаждения радионуклидов на землю из атмосферы с классами устойчивости А, В и F по Паскуиллу [10];

$T$  – площадь загрязнённой поверхности.

Однако результат, полученный вследствие применения формулы (1), будет иметь значительную погрешность, хотя бы потому, что плотность загрязнения поверхности земли не окажется равной поверхностному загрязнению винипластовых планшетов, установленных на высоте 2 м.

Пробы почвы отбирались в тех же префектурах, в которых производился забор воздуха, пешеходная гамма-съёмка местности и накопление оседающей пыли в винипластовые кюветы. Пробы травы отбирались вместе с почвой, с поверхности открытых участков местности, на расстоянии 50 ÷ 100 м от ближайших строений и дорог. Результаты исследований счётных образцов почвы и травы представлены в таблицах 5 и 6, соответственно.

Таблица 5. Радиоизотопный состав почвы в префектурах Японии по направлению распространения радиоактивного облака через два года после аварии на АЭС «Фукусима-1»

Изоотп	Изоотп						
Название города (префектуры)	<sup>137</sup> Cs, Бк/кг	<sup>134</sup> Cs, Бк/кг	<sup>210</sup> Pb, Бк/кг	<sup>228</sup> Th, Бк/кг	<sup>226</sup> Ra, Бк/кг	<sup>234</sup> Th, Бк/кг	<sup>40</sup> K, Бк/кг
Фукусима	12700	9071	96	43	30	20	440
Мито (Ибараки)	1000	715	н/о	49	31	22	521
Йокогама (Канагава)	1000	700	122	45	34	23	506
Сидзуока	867	619	118	45	30	19	460
Киото	945	680	92	43	35	31	424
Осака	1024	722	99	47	32	н/о	686
Окаяма	1010	699	93	41	30	25	612
Мацуяма (Эхимэ)	653	501	н/о	42	30	28	701
Кагосима	974	696	100	48	31	н/о	487
Нагасаки	994	711	94	44	33	н/о	490
Мацуэ (Симанэ)	926	666	н/о	46	35	29	636
Тоттори	1080	773	н/о	46	34	20	513
Канадзава (Исикава)	867	620	98	49	30	21	569
Ниигата	1120	871	110	42	30	26	460
Сендай (Мияги)	1270	910	86	43	31	27	600
Аомори	877	626	н/о	45	30	29	603

н/о – значение ниже порога чувствительности спектрометра

Таблица 6. Радиоизотопный состав травы в префектурах Японии по направлению распространения радиоактивного облака через два года после аварии на АЭС «Фукусима-1»

Изоотп	Изоотп						
Название города (префектуры)	<sup>137</sup> Cs, Бк/кг	<sup>134</sup> Cs, Бк/кг	<sup>210</sup> Pb, Бк/кг	<sup>228</sup> Th, Бк/кг	<sup>226</sup> Ra, Бк/кг	<sup>234</sup> Th, Бк/кг	<sup>40</sup> K, Бк/кг
Фукусима	1200	857	2,8	0,39	0,33	12	80
Мито (Ибараки)	100	72	н/о	0,45	0,34	14	95
Йокогама (Канагава)	90	64	3,5	0,41	0,37	15	92
Сидзуока	80	57	3,4	0,41	0,33	12	84
Киото	95	67	2,7	0,40	0,38	19	77
Осака	100	70	2,9	0,46	0,35	н/о	125
Окаяма	100	70	2,7	0,37	0,33	16	112
Мацуяма (Эхимэ)	66	45	н/о	0,38	0,33	17	128
Кагосима	98	66	2,9	0,44	0,34	н/о	89
Нагасаки	99	68	2,7	0,41	0,36	н/о	90

Мацуэ (Симанэ)	93	60	н/о	0,42	0,38	18	116
Тоттори	100	75	н/о	0,42	0,37	12	94
Канадзава (Исикава)	90	65	2,8	0,46	0,33	13	104
Ниигата	120	87	3,2	0,38	0,33	16	84
Сендай (Мияги)	130	90	2,5	0,39	0,34	17	110
Аомори	90	61	н/о	0,41	0,33	18	111

н/о – значение ниже порога чувствительности спектрометра

Как показывают данные таблиц 5 и 6, почва и травянистая растительность в префектуре Фукусима, пробы которых отобраны в зоне отчуждения (на расстоянии 10÷12 км от АЭС «Фукусима-1»), загрязнены главным образом цезием-137 и цезием-134.

Максимальная удельная активность цезия-137, обнаруженного в пробах почвы и травы вблизи АЭС «Фукусима-1», незначительно превышает минимально значимую величину (МЗУА), равную 10000 Бк/кг [6].

Как известно, техногенные радиоизотопы, оседающие на поверхность земли, концентрируются в верхнем слое почвы (около 5 см), поэтому в течение двух лет после аварии на АЭС «Фукусима-1» в префектурах Японии производится глубокая вспашка, позволяющая перевести часть цезия-137 и цезия-134 в нижние слои, до которых не доходят корневые системы растений. Тем не менее, до сегодняшнего дня не прекращаются исследования по совершенствованию альтернативных способов дезактивации [11]: например, установлено, что 66% радиоактивного цезия растворяется в концентрированном растворе хлористого калия за 244 часа при комнатной температуре, а мощность гамма-излучения от загрязнённого грунта можно снизить более, чем на 97%, если покрыть его слоем незагрязнённой почвы толщиной 20 см.

Пробы морской и океанической воды исследовались с целью определения степени разбавления активности, выброшенной в акватории, омывающие острова Хонсю, Кюсю и Сикоку. Как известно, в результате аварии на АЭС «Фукусима-1» в воды Тихого океана, а также Японского и Восточно-Китайского морей поступили радиоактивные вещества суммарной активностью около 5 ПБк ( $5 \cdot 10^{15}$  Бк) [2], что в 62,5 раза выше суммарной активности, сброшенной в Каспийское море во время эксплуатации реактора БН-350 ( $0,08 \cdot 10^{15}$  Бк) [8].

У побережий префектур Мияги, Фукусима, Ибараки, Йокогама, Сидзуока, Осака, Окаяма и Эхимэ произведён отбор проб воды Тихого океана; пробы воды Восточно-Китайского моря отобраны на расстоянии 500 м от Кагосимы, Нагасаки; а из гаваней Симанэ, Тоттори, Исикавы, Ниигаты и Аомори выходили лодки для отбора проб воды Японского моря.

Изотопный состав воды Японского и Восточно-Китайского морей и Тихого океана, исследованной через два года после аварии на АЭС «Фукусима-1», представлен в таблице 7.

**Таблица 7. Радиоизотопный состав воды в акваториях, омывающих острова Хонсю, Кюсю и Сикоку, через два года после залпового выброса активности в результате аварии на АЭС «Фукусима-1»**

Изоотп Название города (префектуры)	Изоотп				
	$CS^{137}$ , Бк/м <sup>3</sup>	$CS^{134}$ , Бк/м <sup>3</sup>	$Co^{60}$ , Бк/м <sup>3</sup>	$Co^{57}$ , Бк/м <sup>3</sup>	$Zn^{65}$ , Бк/м <sup>3</sup>
Фукусима	436	315	н/о	н/о	н/о
Мито (Ибараки)	419	293	н/о	н/о	н/о
Йокогама (Канагава)	333	242	н/о	13	н/о
Сидзуока	327	235	н/о	н/о	н/о
Киото	360	257	н/о	19	н/о
Осака	386	277	н/о	н/о	н/о
Окаяма	388	270	н/о	н/о	н/о
Мацуюма (Эхимэ)	413	295	12	н/о	н/о

Кагосима	416	299	н/о	н/о	н/о
Нагасаки	380	268	8	н/о	н/о
Мацуэ (Симанэ)	355	256	н/о	н/о	н/о
Тоттори	362	259	н/о	н/о	н/о
Канадзава (Исикава)	375	266	н/о	26	н/о
Ниигата	402	291	н/о	н/о	н/о
Сендай (Мияги)	419	296	н/о	н/о	н/о
Аомори	364	260	н/о	н/о	н/о

н/о – значение ниже порога чувствительности спектрометра

Данные таблицы 7 свидетельствуют о том, что уровень загрязнения японских акваторий цезием-137 не превышает 0,5 Бк/л, тогда как уровень вмешательства по данному радиоизотопу равен 11 Бк/кг [6]. Сумма отношений активности каждого из содержащихся в морской и океанической воде радионуклидов к соответствующему уровню вмешательства не превышает 1, что удовлетворяет требованиям, предъявляемым к питьевой воде [6].

В образцах рыбы, выловленной в местах отбора проб морской и океанической воды, техногенные радионуклиды содержатся в количествах, намного ниже уровня чувствительности спектрометра, т.е. близких к 0.

В результате аварии на АЭС «Фукусима-1» удельные активности отдельных сельскохозяйственных продуктов, загрязнённых  $^{131}\text{I}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  и другими радионуклидами, превысили предельно допустимые значения. Из сельскохозяйственной продукции, произрастающей в префектурах Японии, наиболее распространёнными и доступными являются рис и шпинат, поэтому именно пробы риса и шпината подвергались спектрометрическому исследованию для определения остаточного уровня радиоактивного загрязнения продуктов питания. Результаты исследований, как и в случае с рыбой, показали отсутствие техногенных радиоизотопов в количествах, поддающихся идентификации спектрометром, что свидетельствует о биологической чистоте проб риса и шпината, отобранных в префектурах Японии по направлению распространения радиоактивного облака в результате аварии на АЭС «Фукусима-1» через два года после её возникновения.

По результатам проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

1. Максимальный радиационный фон, равный 20 мкЗв/ч, наблюдающийся в точке №83 в 20 км от АЭС «Фукусима-1», не приведёт к облучению человека дозами, превышающими допустимые пределы, если ограничить время его пребывания в реперной точке до 8 минут в сутки.

2. Наибольшая объёмная активность атмосферного воздуха ( $6,4 \cdot 10^{-3}$  Бк/м<sup>3</sup>) и уровень поверхностного загрязнения пылью и осадками ( $2,2 \cdot 10^{-6}$  Бк/км<sup>2</sup>), содержащими главным образом цезий-137, также зарегистрированы в префектуре Фукусима, поэтому при проведении индивидуального дозиметрического контроля жителей Японии нужно учитывать внутреннее облучение следами цезия, присутствующего в атмосферном воздухе, и оседающей пыли после аварии на АЭС «Фукусима-1».

3. В целом по Японии удельные активности радионуклидов в почвах, используемых для возделывания сельскохозяйственных продуктов и выпаса домашнего скота, не превышают уровней глобального загрязнения. Максимальная удельная активность цезия-137, обнаруженного в пробах почвы и травы вблизи АЭС «Фукусима-1», незначительно превышает МЗУА [6].

4. Концентрация цезия-137 в воде японских акваторий составляет не более 2% от уровня радиационного фактора, при превышении которого необходимо защитное вмешательство. Существенный недостаток при проведении исследований проб воды связан с упущением определения их солесодержания, однако, зная, что распространение радиоактивных веществ в жидкости происходит не фрактально, а описывается законами диффузии, можно обоснованно предположить, что последствия аварии на АЭС «Фукусима-1» не повлияли на биологическую чистоту Тихого океана и Японского и Восточно-Китайского морей.

5. В образцах рыбы, риса и шпината, отобранных по направлению распространения радиоактивных облаков вследствие аварии на АЭС «Фукусима-1», радионуклидов техногенного происхождения не обнаружено, что говорит о биологической чистоте продуктов питания, употребляемых в пищу жителями Японии и экспортируемых на Дальний Восток и в страны Западной Европы.

Таким образом, ядерная авария на АЭС «Фукусима-1», произошедшая в марте 2011 года, создала очень сложную радиационную обстановку, однако, благодаря высокоорганизованной ликвидации и локализации её последствий, экологическая ситуация в Японии через два года после катастрофы вполне благополучна, за исключением территории 20-километровой зоны отчуждения, на которой продолжают интенсивные работы по рекультивации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Жараспаев М.Т., Ким Д.С.* Факторы, способствующие возникновению и развитию аварий на атомных реакторах. // Научный журнал «Вестник Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева». – Алматы: КазНТУ имени К.И. Сатпаева, 2008. – № 6(69). – с. 87-90.
2. *Baba M.* Fukushima Accident: What happened. // Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Workshop on Ionizing Radiation Monitoring. – Oarai, Japan: Chyoda Technol Corporation, 2011. – p. 135-144.
3. [http://info-japan.ru/index.php?view=news\\_quake\\_full&newsId=20](http://info-japan.ru/index.php?view=news_quake_full&newsId=20)
4. Методические указания по санитарно-дозиметрическому контролю в районах расположения ядерных реакторов и проведения ядерных испытаний. РГКП «Научно-практический центр санитарно-эпидемиологической экспертизы и мониторинга». – Астана: Министерство здравоохранения РК, 2010.
5. *Saigo M.* Авария на АЭС «Фукусима» и её последствия. // Доклад на совещании специалистов МАГАТЭ. – Курчатов: Национальный ядерный центр Республики Казахстан, 2011. – 50 с.
6. Гигиенические нормативы «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности». Постановление Правительства Республики Казахстан от 3 февраля 2012 года № 201. – Астана: Министерство здравоохранения РК, 2012.
7. Санитарные правила «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности». Постановление Правительства Республики Казахстан от 3 февраля 2012 года № 202. – Астана: Министерство здравоохранения РК, 2012.
8. *Юрченко Д.С.* Опыт эксплуатации реактора на быстрых нейтронах БН-350 (1972-1999). // Доклад ФЭИ. – Обнинск, 2004. – С. 123.
9. Отчёт «Оценка радиационных последствий аварий на ядерных реакторах (методика расчета)». – Москва: Институт атомной энергии имени И.В. Курчатова, 1992. – Инв. № 60/352.
10. Технический отчёт «Разработка и внедрение мероприятий по освоению проектных мощностей систем вентиляции реактора ИЯФ АН СССР». – Новосибирск: Проектный институт «Обменвентиляция» Министерства монтажных и специальных строительных работ, 1984. – Инв. № 1091.
11. *Saneyoshi K. et. al.* Decontamination of radioactive materials from contaminated soil. // Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Workshop on Ionizing Radiation Monitoring. – Oarai, Japan: Chyoda Technol Corporation, 2011. – p. 21-22.

Касенов К.М., Жумагулова Р.Е., Ким Д.С.

**Жапониядағы «Фукусима-1» АЭС апатынан 2 жыл кейінгі радиациялық экологиялық жағдай.**

**Түйіндеме.** 2013 жылдың ақпан-наурыз айында Жапонияда; Аомори, Мияги, Фукусима, Ниигата, Исикава, Ибараки, Канагава, Сидзуока, Осака, Киото, Окаяма, Тотторе, Симанэ, Кагосима, Нагасаки және Эхимэ. өткен 16 префектурасында бұл мақала қоршаған орта күйінің зерттеулерінің қорытындысы сипатталынған. Көрші «Фукусима-1» АЭС пен елді мекендердің қоршаған ортаның объектілерін BWR-3 және BWR-4 реактор апаттық шығарындтарының апарған кейбір әсердің қорытындылары келтірілген. Жедел туралы (2 жылдан соң) АЭС «Фукусима-1» ядролық апат зардаптарынан жасалған қорытындылар.

**Түтқалы сөздер:** «Фукусима-1» ядролық апат зардаптарынан, реакторлардың экологиялық қауіпсіздігі, атом энергетикасының қауіпсіздігі, радиационды бақылау.

Касенов К.М., Жумагулова Р.Е., Ким Д.С.

**Радиационная экологическая обстановка в Японии через два года после аварии на АЭС «Фукусима-1».**

**Резюме.** В статье описаны результаты исследований состояния окружающей среды, проведённые в феврале-марте 2013 года в 16 префектурах Японии: Аомори, Мияги, Фукусима, Ниигата, Исикава, Ибараки, Канагава, Сидзуока, Осака, Киото, Окаяма, Тотторе, Симанэ, Кагосима, Нагасаки и Эхимэ. Подведены некоторые итоги воздействия аварийных выбросов реакторов BWR-3 и BWR-4 на объекты окружающей среды в соседних с АЭС «Фукусима-1» населённых пунктах. Сделаны выводы о среднесрочных (спустя два года) последствиях ядерной аварии на АЭС «Фукусима-1».

**Ключевые слова:** АЭС «Фукусима-1», последствия ядерных аварий, экологическая безопасность реакторов, безопасность атомной энергетики, радиационный контроль.

*Kasenov K., Zhumagulova R., Kim D.*

**Radiation ecological situation in Japan, two years after the accident at the nuclear power plant «Fukushima-1».**

**Summary.** The article describes the results of investigations of the environmental state in 16 prefectures of Japan: Aomori, Miyagi, Fukushima and Niigata, Ishikawa, Ibaraki, Kanagawa Prefecture, Shizuoka, Osaka, Kyoto, Okayama, Тоттоге, Shimane, Kagoshima Prefecture, Nagasaki and Kochi, Ehime. The investigations have been held in February-March, 2013. There were summed up some results of the impact of accidental releases of reactors BWR-3 and BWR-4 on the environment in «Fukushima-1» NPP neighbouring settlements. Conclusions are made about the medium-term (two years after the accident) consequences of the nuclear accident at «Fukushima-1» NPP.

**Key words:** «Fukushima-1» NPP, nuclear accidents' consequences, ecological safety of reactors, atomic energy protection, survey.

УДК 625.76: 629.067

**Е.К. Айдарбеков**

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

**ОСОБЕННОСТИ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ И УЛИЦ С ПОЗИЦИИ  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ**

Зимнее содержание дорог и улиц – это комплекс мероприятий по обеспечению бесперебойного движения транспортных средств по дорогам и улицам в зимнее время, включающий: очистку дорог от снега, защиту дорог от снежных заносов, борьбу с зимней скользкостью.

Проблемы борьбы со снежными отложениями и образованием гололеда на дорогах, мостах, аэродромах и других транспортных и коммуникационных сооружениях для климатических условий нашей страны имеет огромное значение. Поиск путей снижения затрат на зимнее содержание вышеуказанных сооружений с одновременным повышением надежности, эффективности и безотказности работы транспортных коммуникаций остается на сегодняшний день актуальной задачей.

Особенно неблагоприятные условия для движения транспортных средств возникают в зимний период, когда на дорожном покрытии образуется слой снежно-ледяных отложений. По данным статистики, на обледенелых дорогах происходит до 40% дорожно-транспортных происшествий, снижается средняя скорость потока на 30-40%, а себестоимость перевозок увеличивается на 25-30% [1].

После выпадения снега происходит увеличение его плотности во времени, как в результате самоуплотнения под действием собственного веса, так и в результате механического воздействия колес автотранспортных средств. Снег имеет трехфазную природу и состоит из твердой фазы, жидкой и газообразной. При длительном самоуплотнении снега происходит его метаморфизация, изменение структурного состояния, когда воздух полностью освобождается и резко возрастают силы структурного сцепления между кристаллами снега, приобретая плотность  $0,6-0,7\text{т/м}^3$ , и далее превращаясь в лед плотностью  $0,95\text{т/м}^3$ .

Снежно-ледяные отложения, образующиеся на дороге, по своему физическому состоянию и внешним признакам подразделяются на рыхлый снег, уплотненный снег (снежный накат) и стекловидный лед. Рыхлый снег – это отложение в виде основного по толщине слоя снега, образующегося при снегопадах в безветренную погоду, плотность которого  $0,06-0,20\text{т/м}^3$ . Снежно-ледяной накат представляет собой спрессованный снег различной толщины плотностью  $0,3-0,6\text{т/м}^3$ , образующийся вследствие уплотнения свежеснежавшего снега под колесами движущихся автотранспортных средств. Стекловидный лед наиболее опасный вид скользкости покрытия – появляется на нем в виде гладкой стекловидной пленки толщиной 1-3 мм, изредка – в виде матовой белой шероховатой корки льда толщиной 10 мм и более. В таблице 1 приведены физико-механические характеристики снежно-ледяного отложения на дорожном покрытии.

Таблица 1. **Физико-механические характеристики снежно-ледяного отложения**

№ п/п	Характеристика снежного покрова	Плотность, т/м <sup>2</sup>	Твердость, МПа	Коэффициент сцепления
1	Очень рыхлый, свежесвыпавший	0,02-0,06	0,02	0,20-0,25
2	Рыхлый снег:			
	- сухой	0,06-0,10	0,02-0,1	0,20-0,25
	- влажный	0,10-0,25		0,18-0,22
	- мокрый	свыше 0,25		0,12-0,18
3	Снежно - ледяной накат	0,30-0,60	0,20-0,50	0,10-0,25
4	Стекловидный лед	0,70-0,95	свыше 0,50	0,08-0,15

Из таблицы 1 видно, что в зимний период коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием резко снижается, особенно при появлении стекловидного льда ( коэффициент сцепления  $\varphi = 0,08-0,15$ ). Известно, что коэффициент сцепления ( $\varphi$ ) является одной из основных величин, характеризующих транспортно-эксплуатационных качеств дорожных покрытий. В зимнее время на дорогах и городских улицах из-за снегопада и обледенения дорожного покрытия повсеместно происходит:

- сужение проезжей части из-за образования снежных валов вдоль дорог и улиц;
- движение транспортных средств по дорогам с низким коэффициентом сцепления (0,08-0,3);
- снижение средней скорости движения транспортных средств до 25-30км/ч;
- образование очередей и транспортных заторов, особенно перед городскими перекрестками;
- повышение вероятности возникновения ДТП из-за увеличения тормозного пути, потери поперечной устойчивости (занос) при экстренном торможении;
- образование в зоне остановочных пунктов ледяных отложений с неровностями из-за частых торможений и разгона транспортных средств общего пользования.

В этот период важное значение имеет рациональная организация работ по зимнему содержанию дорог дорожно-эксплуатационными организациями (ДЭУ) совместно со специалистами по организации дорожного движения:

- очистка дорог и улиц от снега и его рациональное складирование;
- предупреждение обледенения дороги и борьба со скользкостью дорожного покрытия;
- обеспечение "треугольника видимости" в зоне пересечения из-за образования снежных валов;
- обеспечение зрительного ориентирования водителей и мероприятий по ограничению скорости движения.

Наиболее эффективная борьба со снегообразованием на дорогах - это патрульная очистка (систематические проезды снегоочистительных машин в течение всего времени снегопада). Наиболее эффективные машины - роторные снегоочистители, отбрасывающие снег за пределы дороги.

Проблемы очистки снег на городских дорогах и улицах:

- наличие застройки и зеленых насаждений;
- стоящие на околотротуарных стоянках автомобили.

Еще одна особенность – необходимо одновременно с проезжей частью очищать тротуары и пешеходные переходы, в противном случае пешеходы вынуждены идти по проезжей части.

Основным направлением обеспечения безопасности движения на дорогах в зимнее время остается деятельность ДЭУ по ликвидации зимней скользкости. На практике существуют пять методов борьбы с зимней скользкостью на автомобильных и городских дорогах: механизированный, фрикционный, химический, тепловой и комбинированный.

При механизированной очистке дорог от снежно-ледяных образований используются снегоуборочные машины, оборудованные отвалом и металлической щеткой, кирковщики твердых ледяных отложений, автогрейдеры, погрузчики и др. Целью использования фрикционного метода является повышение сцепных качеств обледенелых дорожных покрытий. При этом методе применяются следующие материалы: крупнозернистый песок, шлак, мелкий гравий, отсев каменных материалов и др. Недостатком фрикционного метода является необходимость применения большого количества мате-

риалов, т.к. их сдувает с поверхности дороги при интенсивном движении автомобилей, и загрязнение придорожных лотков, арыков, газонов и др.

Нормы распределения фрикционных материалов назначаются с учетом условий движения, особенностей дороги в плане и профиле, физико-механических свойств зимних видов скользкости и применяемых материалов:

- 150-200 г/м<sup>2</sup> – для прямых участков с продольным уклоном до 20%;
- 200-250 г/м<sup>2</sup> – при снежно-ледяных отложениях;
- 250-300 г/м<sup>2</sup> – на участках с продольным уклоном более 20%, на подходах к пересечениям, а также мостам и другим дорожным сооружениям;
- до 500 г/м<sup>2</sup> – при стекловидных гололедных отложениях.

Применение химических веществ для борьбы с зимней скользкостью дорожных покрытий основывается на том, что при взаимодействии со льдом химические средства, в частности, хлористые соли, вызывают разрушение кристаллической структуры льда, в результате он тает и образует с солями раствор, который необходимо немедленно убирать.

Химические реагенты применяют для:

- предупреждения образования гололеда (профилактический метод);
- плавления образовавшегося льда (аварийный метод).

Профилактический метод заключается во внесении хлоридов в состав снега в период снегопада. Аварийный метод применяется в том случае, когда на дорожном покрытии образовался слой льда.

При использовании химического метода перед дорожными службами ставятся следующие задачи:

- предотвращение образования скользкости профилактическим способом;
- полная ликвидация скользкости или разрушение твердого снежно-ледяного отложения аварийным способом.

К числу противогололедных реагентов относятся следующие вещества:

- твердые – хлористые соли натрия, магния, кальция, мочевины (карбамид), ацетаты (углекислый аммоний, ацетамид и т.п.) и нитраты (селитра, нитрофос, аммофос, калий и т.п.);
- жидкие – природные подземные, искусственные, озерные, отходы промышленности;
- комбинированные – смесь из нескольких видов реагентов.

По плавящим способностям среди хлористых солей наиболее активным реагентом является хлористый магний (MgCl<sub>2</sub>). Нормы распределения хлористых солей представлены в таблицах 2,3 [2].

**Таблица 2. Нормы распределения хлористых солей при борьбе с зимней скользкостью профилактическим способом**

Температура воздуха, °С	Норма метода распределения х.р. профилактическим методом при толщине слоя рыхлого снега $h_c \leq 5\text{см}$ , г/м <sup>2</sup>					
	$W_0 \leq 62\%$			$W_0 > 62\%$		
	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>
до - 2	25	25	25	25	25	25
от -2 до -4	40	35	40	35	32	35
от -4 до -8	60	35	63	50	48	52
от -8 до -12	82	75	90	68	59	72
ниже -12	-	-	-	75	65	80

Распределение твердых химических материалов начинают после начала снегопада, когда на поверхности покрытия образуется слой рыхлого снега (при мокром снеге химические реагенты не принимаются) толщиной до 5 мм, способствующий закреплению кристаллов соли на поверхности покрытия.

Нормы распределения при материалов фрикционным методе назначаются с учетом условий движения, особенности улиц в плане и профиле, физико-механических свойств зимних видов скользкости и применяемых материалов.

Таблица 3. **Нормы распределения хлористых солей при борьбе с зимней скользкостью аварийным способом**

Температура воздуха, °С	Норма распределения х.р. аварийным методом при толщине слоя с.л.н. $h_c \leq 10\text{мм}$ , т/м <sup>3</sup>								
	$\rho \leq 0,20\text{т/м}^3$			$\rho = 0,21-0,55\text{т/м}^3$			$\rho > 0,55\text{т/м}^3$		
	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>	NaCl	MgCl <sub>2</sub>	CaCl <sub>2</sub>
до - 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
от -2 до -4	120	110	120	160	140	160	240	230	240
от -4 до -8	140	135	145	220	200	255	325	300	320
от -8 до 12	180	165	190	275	245	295	390	365	410
ниже -12	210	190	220	320	300	340	460	430	520

Однако следует отметить отрицательные стороны применения химических средств:

- загрязнение почвы хлоридами и уничтожение газонов, деревьев и кустарников;
- оказание коррозионного воздействия на металлические части автомобилей, дорожных сооружений и на обувь пешеходов.

Особенность: при применении химических средств необходимо немедленно удалить тающий лед или снег с помощью уборочных машин во избежание вторичного их смерзания.

К тепловому методу можно отнести:

- использование фрикционных материалов в предварительно подогретом состоянии (первоначальная температура нагрева не менее +120-140°С);
- проведение тепловых сетей под проезжей частью дороги (в городах);
- обогрев дорожного покрытия (находит применения на городских путепроводах, эстакадах, в тоннелях, на тротуарах магистралей);
- использование тепла земной коры (теплоотдача аммиака для плавления свежевыпавшего снега).

При комбинированном методе могут быть использованы одновременно несколько видов материала. Например, при добавлении соли в состав песка, получаем новый противогололедный материал – песко-соляную смесь. Преимущество: во-первых, она повысит закрепляемость песка в снежно-ледяном отложении; во-вторых, увеличит продолжительность действия; в-третьих, повысит величину коэффициента сцепления. Химические реагенты в составе песко-соляной смеси (12:88) до 3-х раз увеличивают эффективность действия фрикционных материалов при повышении сцепных качеств ледяных покрытий дорог.

Эффективность химического метода в значительной степени зависит от технологии его применения. При интенсивных снегопадах, вызывающих быстрое появление на дорожном покрытии слоя снега более 5 см, химический метод применять нецелесообразно. Если во время снегопада выпадает влажный или мокрый снег в виде крупных, часто слипшихся хлопьевых снежинок, обладающих высокой пластичностью, то под воздействием уплотняющей нагрузки колес автомобиля такой снег быстро прессуется и превращается в снежно-ледяную корку. При таких условиях уборка снега плужно-щеточными снегоочистителями малоэффективна, рационально переходить на химический метод очистки.

При удалении снежно-ледяного наката технологический процесс складывается из следующих операций:

- распределение химических веществ по поверхности наката;
- выдержка, во время которой происходит перемешивание реагентов с разрыхляемыми ими снежно-ледяными отложениями колесами движущихся автомобилей;
- уборка плужно-щеточными снегоочистителями увлажненной кашицеобразной массы снега, образующейся на проезжей части дороги.

Полностью убрать образовавшийся на проезжей части дороги снежно-ледяной накат снегоуборочной техникой практически невозможно. Внесенный на поверхность таких отложений химический реагент ослабляет силы их внутреннего сцепления и тем самым снижает силы смерзания, то есть снижает удельное сопротивление резанию. При профилактическом способе достаточно распределить химические вещества (40-65 г/м<sup>2</sup> и толщине слоя до 40 мм) в зависимости от влажности снега. Ис-

пользование хлоридов при уборке свежеснеженного снега является профилактической мерой борьбы со скользкостью. Основные технологические этапы этих работ следующие:

- выдержка от начал снегопада до достижения высоты слоя снега около 5мм;
- равномерное распределение противогололедных материалов;
- выдержка с целью перемешивания реагентов со снегом колесами автомобилей;
- удаление разрыхленной реагентами массы снега.

Особенность: обработанный реагентами снег оставлять на ночь строго запрещается, так как с понижением температуры воздуха смоченный растворами химических веществ снег может замерзнуть, и тогда работа по его удалению очень осложняется.

Следует отметить важность соблюдения нормы распределения противогололедных материалов. При взаимодействии реагентов и снега под воздействием колес транспортных средств изменяется коэффициент внутреннего трения снега, этому соответствует внесение до 10 г/м<sup>2</sup> реагентов. Уменьшение силы смерзания снега на поверхность покрытия наступает при количестве реагентов по норме 150-200 г/м<sup>2</sup> при размерах кристаллов в пределах 7-10 мм. Для полного удаления льда толщиной до 3 мм норма распределения реагентов зависит от температуры и влажности воздуха, толщины льда и плавящей способности химических реагентов. Для расплавления ледяной корки толщиной до 2 мм при температуре воздуха -1-3°С требуется 30-50 г/м<sup>2</sup>. При удалении ледяной корки толщиной до 5 мм норма расхода составляет 190-230г/м<sup>2</sup>.

При применении химических реагентов необходимо соблюдать природоохранные меры по защите почв и растительности. Для предотвращения загрязнения почв химическими реагентами в IV дорожно-климатической зоне требуется особый контроль при выполнении технологических процессов, так как в этой зоне большие колебания суточной температуры и влажности воздуха могут оказать отрицательное воздействие на солевую концентрацию снега в дальнейшем проникающего в почву. Применение химических реагентов ограничивается на дорогах с малой интенсивностью движения менее 450-500 авт/ч, на тротуарах с интенсивностью пешеходов менее 900 чел/ч, на дорогах без твердых покрытий и при отсутствии поверхностного стока.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Киялбаев А.К., Телтаев Б.Б.* Зимние виды скользкости и химические методы борьбы с ними. Учебное пособие. – Алматы: КазАТК, 2004. –112 с.
2. *Телтаев Б.Б., Киялбаев А.К., Айдарбеков Е.К. и др.* Инструкция по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах общего пользования. – Астана, 2008. – 96 с.

Айдарбеков Е.К.

**Жол қозғалысы қауіпсіздігін қамтамасыз ету тұрғысында жолдар мен көшелерді қыста күту ерекшеліктері.**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада жол қозғалысы қауіпсіздігін сақтау мақсатында жол мен көшелерді қыста күту ерекшеліктері қаралған.

Aidarbekov E.K.

**Features of the winter maintenance of roads and streets from the perspective of road safety.**

**Summary.** We considered the winter content of roads and streets in the article in order to ensure traffic safety.

**Key words:** winter slipperiness, snow drifts, chemical reagent, snowplow, icing.

УДК 624.138;624.131.225

**А. Дасибеков, А. Абжапбаров**

(Южно-Казахстанский государственный университет имени М.Ауезова,  
г. Шымкент, Республика Казахстан)

### **РАСЧЕТ НЕОДНОРОДНЫХ УПРУГОПОЛЗУЧИХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ПЕСЧАНОЙ ПОДУШКИ**

**Аннотация.** Данная работа посвящена решению одномерной задачи уплотнения грунтов, обладающих упругоползучим свойством. Часть нагрузки, равная величине структурной прочности сжатия, сразу же воспринимается скелетом грунта. Поэтому поровое давление зависит от проницаемости, уплотняемости и скорости нарастания ползучих деформаций грунта. Кроме того, уплотняемый грунт по своей структуре неоднороден. При этом свойство неоднородности грунтового основания учитывается через его модуль деформации, который изменяется по глубине в виде степенной функции. Для изучения процесса уплотнения грунтового массива в такой постановке под действием различных внешних сил получен ряд расчетных формул. При помощи этих выражений можно определить давление в поровой жидкости, напряжение в скелете неоднородного уплотняемого грунта и вертикальные перемещения точек верхней поверхности земляного массива для любого момента времени.

**Ключевые слова:** одномерная задача, упругоползучий, неоднородность, консолидация, модуль деформации, напряжение, осадок грунта.

В настоящее время особую актуальность приобрели проблемы строительства новых и реконструкции существующих объектов в районах распространения слабых водонасыщенных грунтов, что обусловлено особенностью современного развития нефте- и газодобывающих районов Казахстана. При этом возникают не только технологические трудности, связанные с производством работ в особых условиях распространения слабых грунтов, но и повышенные требования к проектным решениям в этой области, как на стадии конструирования, так и во время расчета. Строительство новых высотных сооружений и их эксплуатация сопряжены со значительными затратами ресурсов. В целом проблема является весьма многогранной и, в частности, связана с использованием в основании таких конструкций глинистых водонасыщенных грунтов, для которых свойственны рыхлость, малая плотность и способность разжижаться при нарушении структуры из-за содержания воды, развития пластических деформаций сдвига, многократного промерзания-протаивания в процессе эксплуатации. В связи с этим исследование несущей способности водонасыщенного глинистого грунта в основании сооружений в процессе фильтрационной консолидации является актуальной геотехнической проблемой, имеющей существенное практическое значение и определяющей, в значительной степени, эффективность капитальных вложений, надёжность и нормальную эксплуатацию сооружений.

При проектировании фундаментов промышленных и гражданских сооружений, расположенных на слабых водонасыщенных глинистых грунтах всегда надо иметь в виду, чтобы осадка по абсолютной величине была меньшей, чем это допускается, и разность этих осадок должна быть минимальной. Однако это не всегда удается выполнить. В большинстве случаев при строительстве сооружений на таких водонасыщенных глинистых грунтах прежде чем строить высотные здания создают искусственные основания, применяя песчаные подушки мощностью от 1-2 до 7 м. Они позволяют уменьшить глубину заложения фундаментов и увеличивают их устойчивость, а также применение их уменьшает осадку фундаментов. Кроме того, песчаные подушки используются в качестве дренирующего слоя, так как поровая вода из нижележащих водонасыщенных глинистых грунтов отжимается в процессе уплотнения грунтов от веса самой подушки, ускоряя процесс консолидации грунтов основания. К большому сожалению, существующие методы расчета консолидации слабых водонасыщенных глинистых грунтов имели невысокую точность. Видимо, это связано с некоторыми неучтенными явлениями, происходящими в грунтах. В частности, величины структурной прочности сжатия, ползучести и неоднородности самого грунта.

В связи с этим в данной работе допущено, что для сильно сжимаемых водонасыщенных глинистых грунтов в начальный момент времени часть нагрузки, мгновенно приложенной нагрузки  $q$  к

грунту, равная по величине структурной прочности сжатия  $p_{стр}$ , сразу же воспринимается скелетом грунта [1], т.е.

$$p|_{t=0} = q - P_{стр}. \quad (1)$$

Кроме того, по своей природе глинистые грунты относятся к реологическим телам. Это свойство находит свое выражение в медленной, длительно не затухающей деформации грунтовых оснований. Эти деформации, связанные с явлением ползучести, находят свое выражение в оседании земляных масс с некоторыми незначительными скоростями. Однако, несмотря на такую, казалось бы, незначительную интенсивность деформации, они в ряде случаев могут оказаться недопустимыми для сооружений, расположенных на деформируемых основаниях. Также заметим, что здания, во многих случаях довольно хорошо воспринимающие даже значительные вертикальные деформации, в результате их неравномерной осадки приводятся к разрушению. Такие медленные деформации, связанные с ползучестью глинистых грунтов, в некоторых случаях оказываются очень опасными. Такое свойство неоднородных водонасыщенных грунтов в данной работе подчиняется теории упругоползучего тела Г.Н. Маслова-Н.Х. Арутюняна [2]. Эта теория в интерпретации В.А.Флорина [3] может быть представлена так:

$$\varepsilon(z, t) = \varepsilon(\tau_1) - a_0(z)\sigma(z, t) + \int_{\tau_1}^t \sigma(z, \tau) \frac{\partial \delta(z, t, \tau)}{\partial \tau} d\tau, \quad (2)$$

Здесь

$$\delta(z, t, \tau) = \frac{1}{E(z)} + a_1 [1 - e^{-\gamma_1(t-\tau)}] (1 + \beta z)^{-m}. \quad (3)$$

$E(z)$  - модуль общей деформации, зависящий от координаты  $z$ ;  $a_1, \gamma$  - параметры ползучести;  $\delta(z, t, \tau)$  - относительная деформация от единичной силы;  $a_0(z)$  - коэффициент сжимаемости для неоднородного уплотняемого грунта. Он зависит от координаты  $z$ , т.е. от глубины расположения исследуемой точки.

Неоднородность водонасыщенного грунта учитывается через его модуль общей деформации, зависящий от координаты  $z$ . В данной работе эта зависимость принята в виде:

$$E = E_m (1 + \beta z)^m \quad (\alpha > 0, E_m > 0, \alpha + \beta z > 0), \quad (4)$$

где  $E_m, \beta, m$  являются опытными параметрами.

Параметры  $E_m, \beta, m$ , входящие в (4), могут быть определены, если известны три значения модуля деформации  $E_1, E_2, E_3$  для трех различных значений  $z_1, z_2, z_3$ . Заметим, что такая неоднородность грунта учтена в работах [4,5].

На основе этих данных, изучим процесс уплотнения водонасыщенного слоя и неоднородного упругоползучего грунта толщиной  $h$ , лежащего на водонепроницаемом основании и залегающего под песчаной подушкой, под действием равномерно распределенной нагрузки с интенсивностью  $q$ . Тогда математическая постановка данной задачи заключается в следующем: требуется определить распределение давления в поровой жидкости  $P(z, t)$ , напряжение в скелете упругоползучего грунта  $\sigma(z, t)$  и вертикальные перемещения точек верхней поверхности  $S(t)$  (осадок) слоя уплотняемого грунта. При этом основное уравнение механики уплотняемых водонасыщенных глинистых грунтов имеет вид

$$\frac{\partial^2 P(z, t)}{\partial t^2} + \gamma_6 \left(1 + \frac{a_1}{a_0}\right) \frac{\partial P(z, t)}{\partial t} = C_{1V} (1 + \beta z)^m \frac{\partial^2 P(z, t)}{\partial z^2}. \quad (5)$$

Начальными условиями для уравнения (5) будут:

$$\left. \frac{\partial P(z, t)}{\partial t} \right|_{t=\tau_1=0} + \frac{a_1}{a_0} \gamma_1 P(z, 0) \Big|_{t=0} = C_{1V} (1 + \beta z)^m \left. \frac{\partial^2 P(z, 0)}{\partial z^2} \right|_{t=0} \quad (6)$$

$$P(z,0)|_{t=0} = q - P_{cmp} = q_0 \quad (7)$$

Граничные условия исследуемой задачи примут вид

$$P|_{z=0} = 0; \quad \left. \frac{\partial P}{\partial z} \right|_{z=h} = 0 \quad (8)$$

Решение уравнения (5) при краевых (8) условиях получим в виде

$$P(z,t) = \sqrt{1 + \beta z} \sum_{i=0}^{\infty} (C_{1i} e^{-r_{1i}t} + C_{2i} e^{-r_{2i}t}) V_{\frac{1}{2-m}} \left[ v_i (1 + \beta z)^{\frac{2-m}{2}} \right], \quad (9)$$

где произвольные постоянные  $C_{1i}$  и  $C_{2i}$  находят из двух начальных условий (6) и (7). Удовлетворив этим условиям функцию  $P(z,t)$ , находим

$$C_{ki} = (-1)^k \frac{G_{2i}(\alpha, \beta, h) \left( \frac{a_1}{a_0} \gamma_1 + C_{1i} \lambda_i^2 - r_{3-k,i} \right)}{r_{2i} - r_{1i}}, \quad (10)$$

Здесь  $G_{1i}(\alpha, \beta, h) = \frac{g_{1i}(\alpha, \beta, h)}{g_{0i}(\alpha, \beta, h)}$ ;  $G_{2i}(\alpha, \beta, h) = \frac{g_{2i}(\alpha, \beta, h)}{g_{0i}(\alpha, \beta, h)}$ ;

$$g_{1i}(\alpha, \beta, h) = -\frac{a_1}{a_0} \gamma_1 \gamma_6 \int_0^h (1 + \beta z)^{\frac{1-m}{2}} V_{\frac{1}{2-m}} \left[ v_i (1 + \beta z)^{\frac{2-m}{2}} \right] dz;$$

$$g_{2i} = \int_0^h q_0 (1 + \beta z)^{1-m} V_{\frac{1}{2-m}} \left[ v_i (1 + \beta z)^{\frac{2-m}{2}} \right] dz. \quad g_{0i} = \int_0^h (1 + \beta z) V_{\frac{1}{2-m}}^2 \left[ v_i (1 + \beta z)^{\frac{2-m}{2}} \right] dz.$$

Функция  $V_{\frac{1}{2-m}}$  имеет вид

$$V_{\frac{1}{2-m}} \left[ v_i (1 + \beta z)^{\frac{2-m}{2}} \right] = J_{\frac{1}{2-m}} \left[ v_i (1 + \beta z)^{\frac{2-m}{2}} \right] Y_{\frac{1}{2-m}}(v_i) - J_{\frac{1}{2-m}}(v_i) Y_{\frac{1}{2-m}} \left[ v_i (1 + \beta z)^{\frac{2-m}{2}} \right] \quad (11)$$

для целого индекса  $\frac{1}{2-m}$ ;

$$V_{\frac{1}{2-m}} \left[ v_i (1 + \beta z)^{\frac{2-m}{2}} \right] = J_{\frac{1}{2-m}} \left[ v_i (1 + \beta z)^{\frac{2-m}{2}} \right] J_{\frac{1}{2-m}}(v_i) - J_{\frac{1}{2-m}} \left[ v_i (1 + \beta z)^{\frac{2-m}{2}} \right] J_{\frac{1}{2-m}}(v_i) \quad (12)$$

для дробного индекса  $\frac{1}{2-m}$ .

Параметры  $v_i$  находят как решение следующих трансцендентных уравнений для целого индекса

$$\frac{1}{2-m}$$

$$J_{\frac{1}{2-m}}\left(\frac{2}{2-m}\lambda\right)Y_{\frac{m-1}{2-m}}\left[\frac{2\lambda}{2-m}(1+\beta h)^{\frac{2-m}{2}}\right] -$$

$$-Y_{\frac{1}{2-m}}\left(\frac{2}{2-m}\lambda\right)J_{\frac{m-1}{2-m}}\left[\frac{2\lambda}{2-m}(1+\beta h)^{\frac{2-m}{2}}\right] = 0 \quad (13)$$

для дробного индекса  $\frac{1}{2-m}$

$$J_{\frac{1}{2-m}}\left(\frac{2}{2-m}\lambda\right)J_{\frac{m-1}{2-m}}\left[\frac{2\lambda}{2-m}(1+\beta h)^{\frac{2-m}{2}}\right] -$$

$$-J_{\frac{1}{2-m}}\left(\frac{2}{2-m}\lambda\right)J_{\frac{m-1}{2-m}}\left[\frac{2\lambda}{2-m}(1+\beta h)^{\frac{2-m}{2}}\right] = 0 \quad (14)$$

Уравнение (13) и (14) для конкретного числа  $m$  имеет бесчисленное множество корней  $\lambda$ . Откуда находим параметр  $\nu$ , который равен  $\frac{2}{2-m}\lambda = \nu$ .

Величины  $r_{1i}, r_{2i}$  находят как корни следующего уравнения

$$r^2 + \gamma_1\left(1 + \frac{a_1}{a_0}\right)r + \lambda^2 C_{1V} = 0.$$

В связи с тем, что экспоненциальная функция с отрицательным показателем быстро убывает, можно ограничиваться одним членом ряда (9). Тогда расчетной формулой для определения порового давления, согласно (9), будут

$$P(z, t) = \sqrt{1 + \beta z} \sum_{k=1}^2 C_{k0} e^{-r_{k0}t} V_{\frac{1}{2-m}} \left[ \nu_0 (1 + \beta z)^{\frac{2-m}{2}} \right], \quad (15)$$

Здесь  $C_{k0}$  находится из соотношения (10), функции  $V_{\frac{1}{2-m}}$  имеют вид (11) или (12) в зависимости от индекса  $\frac{1}{2-m}$ ; параметр  $\nu_0$  является решением трансцендентного уравнения (13) или (14).

Значение давлений в поровой жидкости в момент времени, сколь угодно близкий к моменту положения нагрузки, согласно (15), определяются выражением

$$P(z, t \rightarrow 0) = \sqrt{1 + \beta z} \sum_{k=1}^2 C_{k0} V_{\frac{1}{2-m}} \left[ \nu_0 (1 + \beta z)^{\frac{2-m}{2}} \right],$$

Оно зависит от проницаемости, уплотняемости и скорости нарастания ползучих деформаций грунта.

После определения давлений в поровой жидкости можно легко находить напряжения в скелете неоднородного водонасыщенного грунта. Они вычисляются по следующей расчетной формуле

$$\sigma(z, t) = q - P_{cmp} - \sqrt{1 + \beta z} \sum_{k=1}^2 C_{k0} e^{-r_{k0}t} V_{\frac{1}{2-m}} \left[ \nu_0 (1 + \beta z)^{\frac{2-m}{2}} \right]. \quad (16)$$

Выражение (16) дает возможность определить расчетную формулу для вычисления вертикальных перемещений точек верхней поверхности неоднородного уплотняемого водонасыщенного глинистого грунтового основания. Для этого используем [3]

$$S(t) = \frac{a_0}{1 + \varepsilon_{cp0}} \int_0^h (1 + \beta z)^{-m} \sigma(z, t) dz, \quad (17)$$

где  $\sigma(z, t)$  имеет вид (16).

Таким образом, получены расчетные формулы (15), (16) и (17), по которым, соответственно, можно вычислить давление в поровой жидкости, напряжение в скелете грунта и осадки поверхности уплотняемого водонасыщенного глинистого грунта.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Абелев М.Ю.* Строительство промышленных и гражданских сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. - М.: Стройиздат 1983. - 247 с.  
[2] *Арутюнян Н.Х.* Некоторые вопросы теории ползучести. - М.: Гостехиздат, 1952. - 323 с.  
[3] *Флорин В.А.* Основы механики грунтов. - М.: Госстройиздат, 1961. - Т. 2. - 544 с.  
[4] *Ширинкулов Т.Ш., Дасибеков А.Д., Бердыбаева М.Ж.* О трехмерном уплотнении упругоползучих неоднородных грунтов с неоднородными их граничными условиями // Механика и моделирование технологических процессов. - Тараз, 2006. - №1. - С. 30-35.  
[5] *Абжапбаров А.А.* К решению нелинейной двумерной задачи механики упругоползучих неоднородных грунтов // Мат.межд.науч.-теорет.конф. «Актуальные вопросы развития образования и науки», посв. 10-летию образования ЮКПУ. - Шымкент: ЮКПУ, 2003. - Т. 2. - С. 371-376.

REFERENCES

- [1] *Abelev M.Yu.* Stroitel'stvo promyshlennykh i grazhdanskikh sooruzheniy na slabykh vodonasyshchennykh gruntakh. -M.: Stroiiizdat, 1983. - 247 p.  
[2] *Arutyunyan N.Kh.* Nekotorye voprosy teorii polzuchesti. -M.: Gostekhizdat, 1952. - 323 p.  
[3] *Florin V.A.* Osnovy mekhaniki gruntov. - M.: Gosstroiiizdat, 1961. - T. 2. - 544 p.  
[4] *Shirinkulov T.Sh., Dasibekov A.D., Berdybaeva M.Zh.* O trekhmernom uplotnenii uprugopolzuchikh neodnorodnykh gruntov s neodnorodnymi ikh granichnymi usloviyami // Mekhanika i modelirovanie tekhnologicheskikh protsessov. - Taraz, 2006, №1. - p. 30-35.  
[5] *Abzhapbarov A.A.* K resheniyu nelineinoi dvumernoї zadachi mekhanicheskoi uprugopolzuchikh neodnorodnykh gruntov // Mat. mezhd. nauch.-teoret. konf. «Aktual'nye voprosy razvitiya obrazovaniya i nauki» posv. 10-letiyu YUKPU. - Shymkent: YUKPU, 2003. - T. 2. - p. 371-376.

Дасибеков А., Абжапбаров А.А.

**Құмды жастығы бар серпімдіжылжымалы топырақ негіздерінің есебі.**

**Түйіндеме.** Бұл мақала серпімдіжылжымалы қасиетке ие болатын топырақ тығыздалуының бір өлшемді есебінің шешілуіне арналған. Бұл жерде сығылудың структуралық беріктігіне тең болған күш бірден топырақтың қаңқасына беріледі. Сондықтан сұйыққа түсетін басым күш топырақтың су өткіздігішіне, тығыздалуына және ығысу деформациясының өсу жылдамдығына тәуелді болады. Сонымен қатар, тығыздалатын топырақ құрылысының өзі бір текті емес. Топырақ негіздерінің біртекті болмаған қасиеті оның деформация модулі тығыздалу тереңдігіне байланысты дәрежелі функция бойынша өзгеруінде. Есептің осы қойылуында, бір қатар сыртқы күштердің әсерінен топырақ массивінің тығыздалу процесін анықтайтын есептеу формулалары табылған. Бұл өрнектер арқылы топырақ кеуегіндегі сұйықтыққа түсетін басым күшін, бір текті болмаған топырақ қаңқасындағы кернеуді және әрбір кезең үшін тығыздалатын топырақ массивінің отыруын есептеуге болады.

**Түйін сөздер:** бір өлшемді есеп, серпімдіжылжымалы, біртекті емес, консолидация, деформация модулі, кернеу, топырақтың отыруы.

Dasibekov<sup>1</sup> A., Abzhapbarov<sup>2</sup> A.A.

**The calculation of heterogeneous elastic, creeping soil foundations at arrangement of sand bed.**

**Summary.** The present work is devoted to a decision of one-dimensional problem of soil compaction, having elastic properties. Here the part of the loading, which is equal in value of structural compressive strength immediately assimilated by soil skeleton. Therefore, an interstitial pressure depends on permeability, compaction and rate of growth of creeping soil distortion. Furthermore, a compacted soil, according to its structure, is heterogeneous. Moreover, a property of inhomogeneity of the soil foundation is taken into consideration through its modulus of distortion, which is changed in depth in the form of the exponential function. For study of the process of compaction of soil mass in such posing under the influence of various outside forces was obtained the series of calculating formulas. By means of those expressions it is possible to determine pressure in an interstitial liquid, strain in the skeleton of heterogeneous compacted soil and vertical displacements of point of the upper surface of earth solid mass for any moment.

**Key words:** a one-dimensional problem, elasticity, inhomogeneity, soil compaction, modulus of distortion, strain, settlement of soil.

Z.K. Kuralbaev, A.A. Yerzhan

(Kazakh National Technical University after K.I. Satpayev, Republic of Kazakhstan, Almaty)

## DETERMINING THE SENSITIVITY OF NONLINEAR ELECTRONIC SCHEMES

**Introduction.** Obviously, the characteristics of the electronic circuit depend on the parameters of its elements. In addition it is known that the electronic circuits are affected not only by external actuation (current, voltage, etc.), but also values of the component parameters can change under the influence of various factors [1]. Factors affecting the change in the parameters of the circuit elements can be: changes in atmospheric conditions, temperature mode, deterioration, aging, replacement of circuit elements, and others [2]. In the process of production and operation of electronic devices values of element parameters may also differ from the calculated values. Obviously, if at some point in time occurs a change of parameters in the circuit, then the process in the circuit will be different. These changes of the parameter values of the electronic circuit elements may be undesirable for the normal functioning of the device, as they are the cause of its malfunction. Because the quality of the electronic device operation mostly depends on the change in its characteristics [3].

On the other hand, the calculation of responsiveness plays an important role in the design of electronic devices, used for the analysis of different options of their schemes and choosing the best version of them, i.e. for circuit parameter optimization [1-4].

Due to this fact it becomes necessary to assess the impact of changes in the element parameters to the change in the characteristics of the electronic device. Such a task is relevant. To solve this problem, we introduce the concept of an electronic circuit responsiveness to the changes in its parameters [1,2]. Here, the term “responsiveness” refers to the reaction of the circuit to the change of the parameter in its element. To quantify the responsiveness, the ratio of change in output parameter to the change in the element parameter is used, which is measured in percent. [4]

Researches by many authors are dedicated to the study of the problem of calculating the quantitative assessment of responsiveness [1-4]. Concept of responsiveness was introduced in the works of G. Bode (Bode H.W., 1945). Solution to the problem related to the determination of responsiveness, has some difficulties of computational nature. Because the mathematical modeling of the processes in electronic circuits leads to a system of differential equations whose integration will require the use of numerical methods and computer facility. The solution of a mathematical problem for the general case does not make sense, since because of the diversity of practical problems it is difficult to bring them to the same type and suggest a unified way to solve them. Therefore, it is advisable to formulate and solve the problem of determining the responsiveness of a particular electronic circuit.

**State of the problem.** It is known that for the analysis and design of electronic circuits a mathematical model of the possible processes that can occur in a particular scheme under consideration is being developed. As a result of modeling the differential and algebraic equations will be obtained.

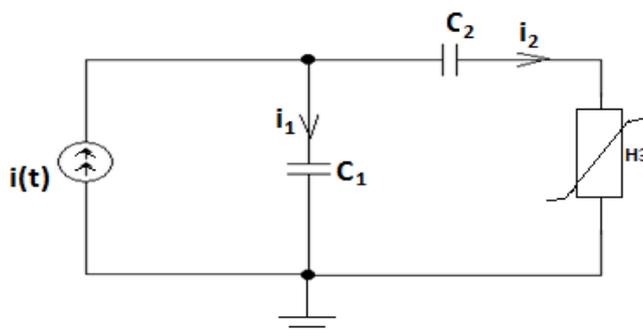


Figure 1. Electric circuit with a nonlinear element

Let's now consider the electric circuit with a nonlinear element (Figure 1). The solution to the problem of transient process in a nonlinear circuit should be used to analyze the responsiveness of the given scheme. This allows us to determine the effect of the nonlinear element on the responsiveness of the circuit. Here the development of a mathematical model for the transient process in the given circuit, and formulation of a mathematical statement of the problem to determine the responsiveness due to changes in the parameters of its elements are required. In this case, the effects of the changes in the capacitances of the capacitors  $C_1$  and  $C_2$  will be considered.

*Mathematical model and formulation of the mathematical problem.* To produce a mathematical model of the electrical circuit (Figure 5) the following notations are introduced:  $i_1, i_2$  – currents,  $u_1, u_2, u_{HЭ}$  – voltages,  $C_1, C_2$  – capacitor capacitances,  $\tau$  – time. Here  $C_1$  and  $C_2$  are considered constant values.

According to Kirchhoff's law for this circuit the following formulas hold:  $i_1 + i_2 = i(\tau)$ ,  $u_1 = u_2 + u_{HЭ}$ . In series connection of capacitor  $C_2$  and the NE current remains the same, i.e.  $i_2 = i_{HЭ}$ . The equations determining the dependence of the current and voltage for the capacitors are written as the following formulas: a) for the first capacitor  $i_1 = C_1 \cdot \frac{du_1}{d\tau}$ ; b) for the second capacitor

$$i_2 = C_2 \cdot \frac{du_2}{d\tau}.$$

Let the following expression be used to approximate CVC of the non-linear element (NE)  $i_{HЭ} = \frac{U_0}{R} \cdot f(x)$ , where  $x = \frac{u_{HЭ}}{U_0}$  – dimensionless voltage,  $f(x)$  – approximating function for the relationship between current and voltage in a nonlinear element. In contrast to the problem discussed in [4], instead of a linear element with constant resistance  $R$ , in this problem a non-linear element is used. Moreover, the voltage in the non-linear element is determined by the formula  $u_{HЭ} = x \cdot U_0$ .

For convenience in the calculations dimensionless parameters should be used. For this purpose, specific quantities introduced in formulas (1) are used:  $U_0$  – voltage  $\frac{U_0}{R}$  – current. The following replacement of variables is performed:

$$i_2 = y_2 \cdot \frac{U_0}{R}; \quad i = z \cdot \frac{U_0}{R}; \quad i_1 = y_1 \cdot \frac{U_0}{R}; \quad x_1 = \frac{u_1}{U_0}; \quad x_2 = \frac{u_2}{U_0}; \quad x = \frac{u_{HЭ}}{U_0}; \quad t = \frac{\tau}{T}.$$

Here  $x, x_1, x_2, y_1, y_2, t$  – dimensionless values.

So, we obtain the following system of differential equations with respect to the unknown functions  $x(t), x_1(t), x_2(t)$ :

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} + \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{\alpha_1 \cdot \alpha_2} \cdot f(x) = \frac{1}{\alpha_1} \cdot z(t); \\ \frac{dx_1}{dt} = \frac{1}{\alpha_1} \cdot [z(t) - f(x)]; \\ \frac{dx_2}{dt} = \frac{1}{\alpha_2} \cdot f(x) \end{cases} \quad (1)$$

Here the constants  $\alpha_1 = \frac{RC_1}{T}$  and  $\alpha_2 = \frac{RC_2}{T}$  are dimensionless quantities,  $RC_1$  and  $RC_2$  – time constants.

For the electronic circuit considered here it is assumed that at the initial moment of time there was no current (voltage), so for the solution of the given system of differential equations (1), the following initial conditions hold:

$$x_1(0) = 0; \quad x_2(0) = 0; \quad x(0) = 0; \quad (2)$$

Now we can formulate the following *statement of the mathematical problem*: find such values of the unknown functions that satisfy the system of differential equations (1) and initial conditions (2). The solution of this system is searched for in the interval  $t \in [0, 1]$ . Due to the fact that there is a formula  $x = x_1 - x_2$  that relates these three functions, the solution of two differential equations, of the second and third equations of system (1) suffices.

If the values of the dimensionless functions  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ ,  $x(t)$ , which determine the voltages are found, then the dimensionless variables that determine the currents  $y_1(t)$  and  $y_2(t)$ , are found from the following formulas:

$$y_2 = f(x), \quad y_1 = z - y_2.$$

**Numerical solution of the mathematical problem.** Problem (1) - (2) is the Cauchy problem for a system of nonlinear differential equations of the first order, solved for the derivatives. To solve this problem we cannot use existing analytical methods because of the presence of a nonlinear function in the equations, therefore a numerical method is used for solving the problem. Euler method can be chosen as a numerical method.

According to this method, initially a step is chosen for the independent variable  $t$ :  $\delta = 0.0001$ , and then the substitution of derivatives by finite-difference equations is performed:

$$\frac{dx_1}{dt} \approx \frac{x_{1i+1} - x_{1i}}{\delta}; \quad \frac{dx_2}{dt} \approx \frac{x_{2i+1} - x_{2i}}{\delta}. \quad (3)$$

Here  $x_{1i} = x_1(t_i)$ ,  $x_{2i} = x_2(t_i)$ ,  $t_i = \delta \cdot i$ ,  $i = 0, 1, 2, \dots, n$ ,  $n = \frac{1}{\delta}$  – number of steps through the independent variable  $t$ .

Using the substitution (3), from the second and third equations (1), the following formulas for determining discrete values of the unknown functions  $x_1(t)$  and  $x_2(t)$ : can be obtained:

$$x_{1i+1} = \frac{\delta}{\alpha_1} \cdot [f(x_i) - z(t_i)], \quad x_{2i+1} = \frac{\delta}{\alpha_2} \cdot f(x_i), \quad (4)$$

where  $x_i = x(t_i)$  – values of the function  $x(t)$  at  $t = t_i$ . These formulas hold for the values of parameter  $i = 0, 1, 2, \dots, n - 1$ . From the initial conditions (16) it follows that

$$t_0 = 0, \quad x_{10} = 0, \quad x_{20} = 0. \quad (5)$$

This solution algorithm is designed for all types of functions  $f(x)$  and  $z(t)$ . Special cases, when more specific types of these functions are given, will be considered below. From the analysis of different types of functions we can claim that for the approximation of the current-voltage characteristics of the electronic circuit elements, the following can be used: a quadratic function  $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$ , exponential function  $y = a \cdot (1 - \exp(-x/a))$ , and others. Every time a non-linear element is used, it is necessary to conduct experiments and determine the approximated function according to experimental data. Here a special case in which an approximating function  $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$  is used for the analysis of the electronic circuit.

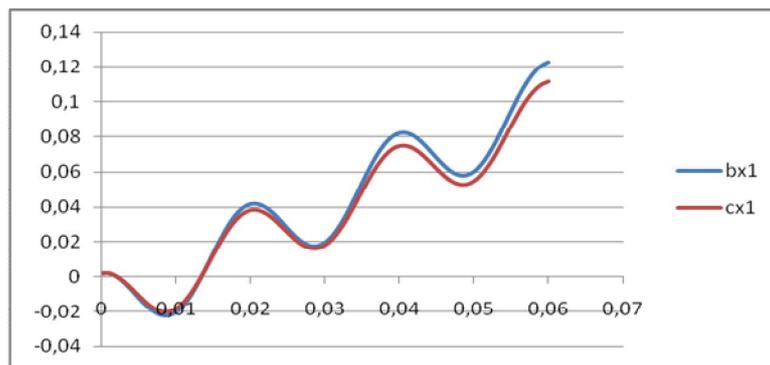
Analysis of various types of approximating functions showed [4] that for any kind of current-voltage characteristics a quadratic function  $y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c$  can be used. Therefore for the special case

considered here this function is used to describe the dependence of current from voltage in a nonlinear element. For specific calculations parameters of an example considered for a bipolar transistor, where the coefficients of the approximating function are as follows:  $a = -0,0098$ ,  $b = 0,1627$ ,  $c = 0,3007$ . are adopted.

Here, the current source is also considered a variable, and change in the current is set in the form of a sine wave:  $z(t) = \sin(2\pi ft)$ , where the frequency  $f = 50$  Hz. The same values of the constant parameters are assumed:  $C_1 = 1,5$  McF,  $C_2 = 3$  McF,  $R = 10$ kOhms,  $T = 0,1$  sec. The values:  $\alpha_1 = 0,15$ ;  $\alpha_2 = 0,30$ . are assumed as main values of the dimensionless parameters.

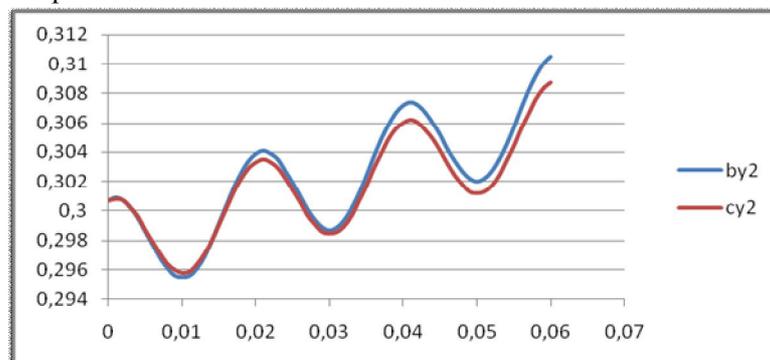
To determine the responsiveness of the given scheme to the change in the values of capacitors, this problem is solved for their different values. At constant  $R$  and  $T$  the change in capacitor capacities is determined by changing the values of parameters  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ . Here a computing experiment must be performed. For the computational experiment changes of dimensionless parameters  $\alpha_1$  and  $\alpha_2$ , which determine the capacitor capacities are selected.

1. The results of comparison for the first (primary) and second choices when the value of the parameter  $\alpha_1$  is increased by 10% and the value of the parameter  $\alpha_2$  remains constant, a change in voltage  $x_1$  over time  $t$  occurs (Figure 2); for example, at a time  $t = 0,04$ , by 9,2% and  $x_2$  by 0,24%. Change of the current is shown in Figure 3b, which shows the change in current; for example, at the following times  $t = 0,04$  by 0,39%



**Figure 2.** comparative graphs of change in voltage

2. Effect of change in capacitance values of the second capacitor is greater than the change in the second capacitor capacity. For example, a comparison of the first and second options showed that when changing parameter  $\alpha_1$  by 10% difference of the voltage values  $x_1$  (or  $u_1$ ) and  $x_2$  (or  $u_2$ ) for these options was only 0% when the other options are from 9% to 17%.



**Figure 3.** comparative graphs of change in current

3. The same pattern is observed for the currents (Figure 3), as time flows, the difference of the current values increases when the parameter values of circuit elements change, in this case the values of the capacitors. Moreover, a greater change in the values of these parameters leads to a greater increase in the difference between the values of the voltages and currents (Figures 2 and 3).

**Conclusion.** This paper considered the problem of determining the responsiveness of the electronic circuit to change in its parameter values. The Cauchy problem for a system of nonlinear differential equations of first order was obtained. This problem was solved numerically using Euler method. Here the various options for the change in the circuit elements (capacitors) were also discussed.

According to the results of the analysis of solutions to these problems we can conclude that:

1. The approach to the determination of the responsiveness proposed in this paper can be extended to any kind of electrical circuits. Development of a mathematical model and the solution of mathematical problems in linear and nonlinear formulation can be solved and used to analyze the responsiveness of the circuit to the change in the parameter values of the circuit components.

2. The responsiveness of the circuit during the transient process can be time-dependent and may increase over time (Figures 2,3). Moreover, the greater deviation of the values of the circuit parameters leads to a larger deviation of the current and voltage values over time.

#### REFERENCES

1. *Bakalov V.P., Dmitracov V.F., Kruk B.E.* Radio and communication, 2000, 592 (in Russ).
2. *Bessonov L.A.* Nonlinear electric circuits. – M.: High school. 1964. – 430 c (in Russ).
3. *Kuralbayev Z.K., Yerzhan A.A.* //Vestnik ENU im. L.N. Gumilyeva. – 2012, №6 (91). 183-188 (in Russ).
4. *Kuralbayev Z.K., Yerzhan A.A.* //Izvestya NAN RK. – 2013, №1(287). 183-188 (in Russ).
5. *Fidler J.K., Nightingale C.* Computer aided circuit design. 1985, 216 (in Russ).

Құралбаев З.К., Ержан А.А.

#### **Сызықты емес электронды схеманың сезімділігін анықтау**

**Түйіндеме.** Мақала электрондық құрылғыны талдау мен жобалауда кездесетін сезімділікті анықтауға байланысты мәселеге арналған. Сызықтық емес элементі бар RC-желісі қарастырылған. Қарастырылып отырған желінің элементтерінің параметрлерінің мәндері өзгерген жағдайдағы математикалық моделінің негізінде математикалық есеп қойылған. Одан алынған есептің параметрлерінің әртүрлі мәндері үшін анықталған шешімдері схемадағы кернеулер мен тоқтың мәндерінің өзгеруін талдау жасауға мүмкіндік берді. Есеп сандық әдіспен шешілген. Сезімділікті анықтаудың осында көрсетілген тәсілін басқа желілерге де пайдалануға болады.

Куралбаев З.К., Ержан А.А.

#### **Определение чувствительности нелинейной электронной схемы**

**Резюме.** Статья посвящена проблеме определения чувствительности электронной схемы, возникающей при анализе и проектировании электронных устройств. Рассматривается RC – цепь с нелинейным элементом. На основе разработанной математической модели сформулирована математическая задача, в которой предполагается изменение значений параметров элементов рассматриваемой цепи. Решение полученной здесь задачи для различных значений этих параметров позволило анализировать влияние этих изменений на изменение напряжений и токов в схемах. Задача решена численным методом. Предложенный в данной статье подход к определению чувствительности может быть распространен для любого вида цепей.

УДК 004.912(852)

**Т.Г. Балова, Г. Жомарткызы**

(Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск, Республика Казахстан)

## **АВТОМАТИЧЕСКОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИХ КОЛЛОКАЦИЙ НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ**

**Аннотация:** в настоящее время задача аналитической обработки текстовой информации вызывает большой интерес у различных исследователей. Задача извлечения многословных терминов использует анализ коллокаций – фраз, состоящее из двух или более слов, имеющее признаки синтаксически и семантически целостной единицы. Ключевыми словами или ключевыми фразами являются важные термины в документе, которые могут дать высокоуровневое описание содержания документа для читателя. Автоматическое выделение ключевых терминов является основным этапом для многих задач обработки естественного языка, таких как классификация, кластеризация документов, машинное "понимание" текстов и аналитический информационный поиск. В статье рассматриваются методы извлечения ключевых терминов из текстовых документов.

**Ключевые слова:** TF-IDF метод, MI метод, C-Value, шаблоны терминов, N-граммная модель.

### **Введение. Постановка задачи**

Современный этап развития науки характеризуется значительными темпами увеличения объёма научных знаний. Под текстовым корпусом в современной лингвистике понимается ограниченный в размере набор текстов, пригодный для машинной обработки и отобранный так, чтобы наилучшим образом представлять языковое множество. Таким образом, представленное документально научное знание можно считать текстовым корпусом [2,7,9].

Последнее время всё чаще появляются работы, в которых рассматриваются пути решения задач автоматического выделения терминологических коллокаций (не однословных терминов), чаще всего для индексирования документов в задачах информационного поиска или пополнения словарей.

В данной работе рассматриваются методы автоматического извлечения информации для задач выделения терминов, наиболее важных для рассматриваемой коллекции научных текстов. Большинство терминов в научных текстах являются многословными и относятся к определённой тематической сфере [11].

### **Основные определения**

Под термином в данной работе понимается слово или словосочетание на естественном языке, описывающее какое-либо понятие предметной области [8].

В области обработки естественного языка N-граммы используются в основном для предугадывания на основе вероятностных моделей. N-граммная модель рассчитывает вероятность последнего слова N-граммы, если известны все предыдущие. При использовании этого подхода для моделирования языка предполагается, что появление каждого слова зависит только от предыдущих слов.

Коллокации понимаются нами как неслучайное сочетание двух и более лексических единиц, характерных для большинства научных текстов. В работе рассматриваются меры, позволяющие автоматически выделить из текстов коллокации и ранжировать их по степени устойчивости в соответствии со значениями выбираемых мер.

Множество терминологических коллокаций, выделяемое на заданной коллекции научных текстов, характеризует узкую предметную область (темы и подтемы) этой коллекции.

### **Статические методы выявления коллокаций**

Мера MI (mutual information, коэффициент взаимной информации) сравнивает зависимые контекстно - связанные частоты с независимыми, как если бы слова появлялись в тексте совершенно случайно [1, 2]:

$$MI = \log_2 \frac{f(n, c) \times N}{f(n) \times f(c)}, \quad (1)$$

где:

$MI$  – объем информации;

$n$  –  $n$ -е ключевое слово;

$c$  – коллокат;

$f(n, c)$  – абсолютная частота встречаемости ключевого слова  $n$  в паре с коллокатом  $c$ ;

$f(n), f(c)$  – абсолютные частоты ключевого слова  $n$  и слова  $c$  в корпусе;

$N$  – общее число словоформ в корпусе.

Недостатком меры  $MI$  является завышение значимости редких словосочетаний. Чем более редки слова, образующие коллокацию, тем выше будет для них значение  $MI$ , что делает данную меру совершенно «беззащитной» перед опечатками, иностранными словами и другим информационным шумом, который неизбежен в большой коллекции. В данной работе, однако, учитывался порядок коллокатов, мера  $MI$  подсчитывалась в отдельности для каждой конкретной пары лексем [3,5,6].

Другой мерой, которая использовалась в данной работе, стала мера  $C$ -value ранжирования на основе частоты и вложенности терминов [10]:

$$C - value(a) = \begin{cases} \log_2 |a| \times frequency(a), & \text{если строка } a \text{ не вложена в другие подстр} \\ \log_2 |a| - \frac{1}{P(T_a)} \times \sum_{b \in T_a} freq(b), & \text{в противном случае;} \end{cases} \quad (2)$$

где:

$a$  – кандидат в термины;

$|a|$  - длина словосочетания в количестве слов;

$freq(a)$  – частотность  $a$ ;

$T_a$  – множество словосочетаний, содержащих  $a$ ;

$P(T_a)$  – количество словосочетаний, содержащих  $a$ .

Основная модификация методов, основанных на статическом подходе, заключается в предварительном использовании морфологических шаблонов фильтров, следующего вида [4]:

[сущ.+прил.(Р.п.)+сущ.(Р.п.)]

[прил.+прил.+сущ.]

[прил.+сущ.+сущ.(Р.п.)]

[сущ.+сущ.(Р.п.)+сущ.(Р.п.)]

[прил.+сущ.]

[прич.+сущ.]

[сущ.+сущ.(Р.п.)]

[сущ.+сущ.)]

При сравнении двух методов эмпирическим путем, было выявлено что мера  $C$ -value намного лучше позволяет выделить термины в текстах, чем мера  $MI$ .

### **Оценки важности терминов**

TF-IDF – статистическая мера, используемая для оценки важности слова в контексте документа, являющегося частью коллекции документов или корпуса. Вес некоторого слова пропорционален количеству употребления этого слова в документе и обратно пропорционален частоте употребления слова в других документах коллекции. В результате его применения больший вес получают слова с высокой частотой в пределах конкретного документа и с низкой частотой употребления - в других документах.

Мера TF-IDF для термина-кандидата  $t$  вычисляется по формуле:

$$w(t) = \frac{frequency_c(t)}{|d|} \log \frac{N_D}{N_d}, \quad (3)$$

$$freq_c(t) = \begin{cases} frequency(t), & \text{если } |t| = 1; \\ C - value(t) & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

где:

$|d|$  - количество слов в документе;

$N_D$  - количество документов в анализируемом корпусе;

$N_d$  - количество документов в анализируемом корпусе, содержащих термин  $t$ .

Большой вес в TF-IDF получают слова с высокой частотой в пределах конкретного документа и с низкой частотой употреблений в других документах. Доминантными для документа терминами считаются те, значение меры TF-IDF для которых превышает заданный порог.

### Извлечение терминов из текстового документа

Для получения списка доминантных терминов документа необходимо решить следующие задачи [2,4]:

- получение списка всех терминов, употребляющихся в документе;
- выделение из этого списка терминов, которые являются доминантными для данного документа.

Словосочетания, похожие на термины, извлекаются из текста с помощью метода C-value. Метод C-value работает следующим образом:

- проводится разделение текста на строки, учитывается пунктуация, рассматриваются любые последовательности слов в тексте, не разделённые знаками препинания;
- из текста извлекаются словосочетания, удовлетворяющие следующим условиям:
- проводится морфологический анализ текста (POS tagging), для каждого слова определяется часть речи и определяются морфологические характеристики. Максимальная последовательность слов – триграммы;
- отбираются только те словосочетания, которые удовлетворяют шаблонам, удаляются стоп-слова, не несущие самостоятельной смысловой нагрузки;
- для всех терминов-кандидатов, для которых значение C-value больше 1, создаются записи в базе данных.

Ограничение значения C-value позволит рассматривать только термины длиной более одного слова, т. к. для термина длиной в одно слово значение C-value всегда равно нулю.

Полученные таким образом *термины-кандидаты* формируют список n-грамм (биграммы, триграммы).

Таблица 2. Терминологические n-граммы (биграммы, триграммы)

Триграммы	Биграммы
скалярная плотность дислокаций	атом углерод
средняя скалярная плотность	кристаллический решётка
кручение кристаллической решетки	плотность дислокаций
амплитуда кривизны кручения	скалярный плотность
электронное микроскопическое исследование	объёмная доля
экстинкционный контур кривизны	пакетный мартенсит
частица специального карбида	кривизна кручение
ход пластической деформации	концентрация углерод

фазовое структурное состояние	частица цементит
тонкий экстинкционный контур	термический обработка
присутствие атома углерода	специальный карбид
контур кривизна кручения	избыточный плотность
избыточная плотность дислокация	дислокационный структура
заряд избыточной плотности	большой часть
дислокационная структура стали	экстинкционный контур
вид дислокационный заряд	третичный карбид
большая часть дислокаций	твёрдый раствор

В результате для каждого термина-кандидата будет вычислено значение меры C-value по формуле (2). Ранжированный результат обработки приведен в таблице 1. Для удаления неинформативных терминов, т.е. для оценки важности n-граммы, используется метод TF-IDF. Экспериментальная оценка метода показала, что он извлекает ключевые термины с высокой точностью и полнотой.

### **Заключение**

В статье для выделения многословных терминов используется анализ коллокаций. Используемые статистические меры позволяют охарактеризовать предметную область рассматриваемых коллекций. Степень тематической однородности коллекции научных текстов соотносится с однородностью множества выделяемых коллокаций. Рассмотренные методы оценки коллокаций были использованы при формировании базы научных знаний е-университета и создания справочников основных понятий научных школ. Работа выполнялась в рамках гранта № гос.регистрации 0213РК00305 «Разработка онтологической базы знаний е-университета».

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. *Большакова Е.И., Клышинский Э.С., Ландэ Д.В., Носков А.А., Пескова О.В., Ягунова Е.В.* Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика – М.: МИЭМ, 2011. — 272 с.;
2. *Пивоварова Л.М., Ягунова Е.В.* Извлечение и классификация терминологических коллокаций на материале лингвистических научных текстов (предварительные наблюдения) // Материалы Симпозиума "Терминология и знание", - Москва, 2010;
3. *Седова Я.А., Квятковская И.Ю.* Интеллектуальный анализ корпуса научной информации // Управление, вычислительная техника и информатика, 2011, №1;
4. *Новикова Д.С.* Автоматическое выделение терминов из текстов предметных областей и установление связей между ними. // Тезисы докладов Всероссийской конференции с международным участием «Информационно-телекоммуникационные технологии и математическое моделирование высокотехнологичных систем», - Москва, 2012, -С. 140-143;
5. *Браславский П.И., Соколов Е.А.* Автоматическое извлечение терминологии с использованием поисковых машин интернета, 2007. <http://www.dialog-21.ru/digests/dialog2007/materials/html/14.htm>;
6. *Katerina Frantziy, Sophia Ananiadou, Hideki Mimaz* Automatic Recognition of Multi-Word Terms: the C-value/NC-value Method // International Journal on Digital Libraries manuscript No. URL:<http://personalpages.manchester.ac.uk/staff/sophia.ananiadou/IJODL2000.pdf>;
7. *Ягунова Е.В., Пивоварова Л.М.* Природа коллокаций в русском языке. Опыт автоматического извлечения и классификации на материале новостных текстов, 2010. -[http://webground.su/services.php?param=priroda\\_collac&part=priroda\\_collac.htm](http://webground.su/services.php?param=priroda_collac&part=priroda_collac.htm);
8. *Добров Б.В., Лукашевич Н.В., Сыромятников С.В.* Формирование базы терминологических словосочетаний по текстам предметной области, 2003. - [http://www.cir.ru/docs/ips/publications/2003\\_rcdl\\_thes\\_creation.pdf](http://www.cir.ru/docs/ips/publications/2003_rcdl_thes_creation.pdf);
9. *Л.М. Пивоварова, Е.В. Ягунова* Информационная структура научного текста. текст в контексте коллекции. //Труды международной научной конференции «Корпусная лингвистика - 2011», - Санкт-Петербург, 2011, С-276-281;
10. *Браславский П., Соколов Е.* Сравнение пяти методов извлечения терминов произвольной длины // Компьютерная лингвистика и интеллектуальные технологии: по материалам ежегод. Междунар. конф.

«Диалог», Бекасово, 4-8 июня 2008 г. - М., 2008. - Вып. 7 (14). - С. 67-74;

11. *Frantzi K., Ananiadou S., Mima H.* Automatic recognition of multi-word terms: the C-value/NC-value method // *Int. J. Digit. Libr.* - 2000. - N 3. - p. 115-130;

12. *Salton G., Buckley C.* Term-weighting approaches in automatic text retrieval // *Information Processing & Management.* - 1988. - N 5 (24). - p. 513-523.

#### REFERENCES

1. *Bolshakov EI, Klyshinsky ES, DV Lande, Noskov, AA, Peskov OV, EV Yagunova* Automatic processing of natural language text and computational linguistics- M: MIEM, 2011. - 272.

2. *Pivovarova LM, EV Yagunova* Extraction and classification of terminological collocations on the material of linguistic scientific texts (preliminary observations) // *Proceedings of the Symposium "Terminology and knowledge" (Moscow, 21-22 May 2010), Moscow, 2010*

3. *Sedov YA, Kvyatkovskaya IY* mining body of scientific information // *Urpavlenie, Computing and Informatics*, 2011, № 1.

4. *Novikov DS* Automatic allocation of the terms of the texts of subject areas and linkages between them. // *Abstracts of the All-Russian conference with international participation "Information and communications technology and mathematical modeling of high-tech systems," - Moscow, 2012,-C. 140-143.*

5. *Braslavsky P. Sokolov, EA* Automatic term extraction using Internet search engines, 2007. <http://www.dialog-21.ru/digests/dialog2007/materials/html/14.htm>.

6. *Katerina Frantziy, Sophia Ananiadou, Hideki Mimaz* Automatic Recognition of Multi-Word Terms: the C-value/NC-value Method // *International Journal on Digital Libraries manuscript No.* URL:<http://personalpages.manchester.ac.uk/staff/sophia.ananiadou/IJODL2000.pdf>

7. *Yagunova EV, LM Pivovarova* The nature of collocations in the Russian language. Experience automatic extraction and classification of the material in the news texts, 2010. -[http://webground.su/services.php?param=priroda\\_collac&part=priroda\\_collac.htm](http://webground.su/services.php?param=priroda_collac&part=priroda_collac.htm);

8. *Dobroff BV, Lukashevich, NV, SV Syromyatnikov* Forming the base of terminological phrases in the subject area texts, 2003. – [http://www.cir.ru/docs/ips/publications/2003\\_rcdl\\_thes\\_creation.pdf](http://www.cir.ru/docs/ips/publications/2003_rcdl_thes_creation.pdf);

9. *LM Pivovarova, EV Yagunova* teksta.tekst scientific information structure in the context of the collection. // *Proceedings of the International Scientific Conference "Corpus Linguistics - 2011" - St. Petersburg, 2011, p-276-281;*

10. *Braslavsky P. Sokolov, E.* Comparison of five methods for extraction of the terms of any length // *Computational linguistics and intellectual technologies: materials annually. Intern. Conf. "Dialogue" Bekasovo, 4-8 June 2008 - Moscow, 2008. - Issue. 7 (14). - p. 67-74;*

11. *Frantzi K., Ananiadou S., Mima H.* Automatic recognition of multi-word terms: the C-value/NC-value method // *Int. J. Digit. Libr.* - 2000. - N 3. - p. 115-130;

12. *Salton G., Buckley C.* Term-weighting approaches in automatic text retrieval // *Information Processing & Management.* - 1988. - N 5 (24). - p. 513-523.

Балова Т.Г., Жомарткызы Г.

#### **Терминологиялық коллокацияларды ғылыми мәтіндерден автоматты алу**

**Түйіндеме.** Мақалада түйінді терминдерді алу әдістері зерттелді. Қарастырылған әдістер мәтіндерді статистикалық өңдеу саласына тиісті. Көп сөзді терминдерді алу үшін коллокацияларды талдау қолданылады. Мақалада n-граммаларды өңдеу үшін MI және C-Value, TF-IDF әдістері қолданылады.

**Түйінді сөзер:** TF-IDF әдісі, MI әдісі, C-Value, терминдер шаблонь, N-граммалар.

Балова Т.Г., Жомарткызы Г.

#### **Автоматическое извлечение терминологических коллокаций научных текстов**

**Резюме.** В статье рассматриваются методы извлечения ключевых терминов из текстовых документов. Рассматриваемые подходы относятся к области статической обработки естественного языка. Задача извлечения многословных терминов использует анализ коллокаций. Для выделения ключевых фраз используются меры TF-IDF, MI, C-Value.

**Ключевые слова:** TF-IDF метод, MI метод, C-Value, шаблоны терминов, N-граммы.

Balova T., Zhomartkyzy G.

#### **Automatic extraction of terminological collocation of the scientific texts**

**Summary.** The article discusses methods to extract key terms from text documents. The considered approaches relate to static field of natural language processing. The task of automatic extraction of multi-word terms uses the collocation analysis. TF-IDF, MI and C-Value methods are used to recognition key phrases.

**Keywords:** TF-IDF method, MI method, C-Value, patterns of terms, N-grams.

УДК 621.527

**A. Sladkovski, B.A. Myrzakhmetov, G.K. Aitoreeva, K. Satybaldin, T. Talapbayev**  
(Kazakh National Technical University named after Satpayev K.I.,  
Almaty, Republic of Kazakhstan Politehnika slaska. Wydzial transport, 40-019 Katowice, Poland)

### **AUTOMATICALLY CONTROLLED JET PUMPS**

Interest in jet pumps new design development and their application in engineering processes and crude and gas condensate production practice (in particular, from marginal wells) has increased significantly thanks to their high reliability and effectiveness, especially in abnormal operating conditions, e.g. in production of reservoir fluids rich in mechanical impurities, corrosion active substances and from directional wells. Their advantages include simple design, absence of movable parts, high reliability, small size, high capacity, possibility of drainage of reservoir fluid containing large amount of gas. Other branches, including agriculture, water supply and sewerage, show not lesser interest in jet pumps.

Irrespective of jet pumps' purpose they always have the following structural components: high pressure (inducing) gas nozzle, low pressure (inducing) gas nozzle, mixing chamber and, normally, diffusion cell.

Jet pump operating process is as follows. High pressure gas flows out of a nozzle to a mixing chamber. In jet pump stationary operating condition static pressure is set in entry section of the mixing chamber, this pressure is always lower than total pressure of low pressure gas. Under the influence of pressure differential low pressure gas is directed to the chamber. This gas rate called induction ratio  $n = G_2/G_1$  depends on nozzles area, gasses density and their initial pressures.

It is known that mutual arrangement, number and form of nozzles have no impact on terminal parameters of gas mixtures, [1]. Only the relation between the values of low cross section of induces and inducible gasses entering the chambers, i.e. relation of nozzles total areas  $\alpha = F_1/F_2$  is of importance. The most frequently used areas ratios are 0,235 – 0,400 depending on operating conditions.

Rational design of ejectors adds up to selection of such their geometrical parameters that to obtain the highest value of mixture total pressure at given initial parameters and consumption ratio or obtain the highest ejection ratio –  $n$ , [1] at given initial and ultimate pressures.

In order to meet production requirement the key manufacturing companies supply sets of operating nozzles (jet) of different diameters and with several sets of mixing chambers (necks) for each jet. In spite of their considerable application range extension, in practice, it causes certain difficulties related to well performance stoppage, change of equipment and subsequent startup. With the use of hydraulic jet pipes (jet pumps) at permanently changing hydrostatic and hydrodynamic levels of liquids in the well, continuous adjustment of their operating mode and drainage mode and fluid flowback is becoming particularly topical.

Currently, designs of jet pumps are being improved, performance characteristics flexibility is being increased and the range of their application is being extended. New designs of jet pipes are being developed. They are aimed at enhancement of their operations regulating by modes without replacement of pump parts directly. Thus, e.g. the patent of RF No. 63472, [2] offers a controlled jet pump for gas ejection from marginal gas condensate wells and gas supply to gathering gas pipelines provided required conditions of wells operation. This jet pump will enable controlling relative areas of nozzles by rising stem and sliding nut with balance wheel put on it. Most of well-known controlled jet pumps have the same design. The disadvantage of such pumps is the necessity of their positive control by means of external action and impossibility of their use in well conditions.

Fulfilling different conditions of pump operating modes in wells at ever-changing hydrostatic and dynamic fluid levels requires such design of a jet pump, which would enable automatic maintenance of optimum compromise of nozzles passage areas without external action and well shutdown. Pictures 2, 3 show offered by authors some possible structural drawings of jet pumps with automatic control of their operation modes by means of maintenance of nozzles areas ratios at optimal levels, [3,4].

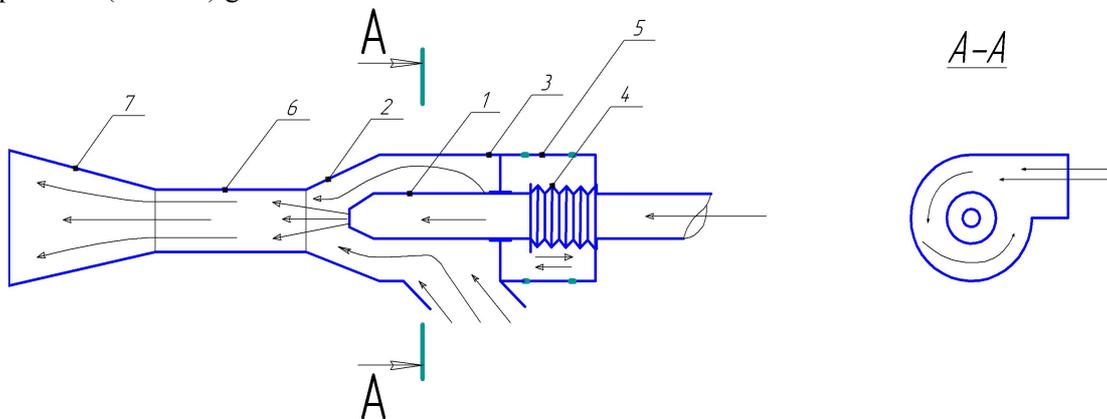
Method of controlling gas-lift units by use of bellows gas lift valves filled with nitrogen gas under certain actuation pressure depending on the depth of their immersion to the liquid level in a well is already known in the practice of gas-lift recovery mechanism.

In the first variant, the difference between external pressure affecting external effective area of bellows and internal pressure, equal to the pressure of inducible solid in high-pressure nozzle, serves as executive signal of control mechanism, on the analogy of gas-lift starting valves of gas-lift units. In the second variant, the executive signal for control mechanism is the difference of dynamic pressure of liquid at a level of jet pump lowering into the well and gas pressure in the bellows.

In case of the first variant (see picture 1) the jet pump consists of running high-pressure nozzle of inducing (working) gas 1, cone-shaped ring nozzle of inducible gas 2, jet pump enclosure 3 with screwed spiral guide 4, bellows chamber 5, mixing chamber 6 and diffusion cell 7.

Supply of high-pressure working gas to the nozzle through the bellows chamber with one running flange (to which a high-pressure nozzle is fixed) and another rigidly fixed flange (to which a working gas main pipe is attached) enables automatic change of relative position of nozzle section and cone of mixing chamber, thus, changing combination of their passage areas and providing optimum operating conditions.

Jet pump operating process is as follows. When inducible gas is supplied to a high pressure nozzle 1, static pressure is set in entry section of the mixing chamber; this pressure is always lower than total pressure of low pressure (induced) gas.



**Figure 1.** Schematic drawing of automatically controlled jet pump with bellows on the line of high pressure gas

Under the influence of pressure differential low pressure gas is directed to the chamber. The inducible gas is mixed and induced from the annular slot along the perimeter of the nozzle 2 by high pressure energy transfer by means of turbulent mixing. Thereat, the feed of inducible gas is carried out tangentially to the body frame and inducible gas is supplied to the nozzle 2, having passed through the spiral guide 4 at a certain angle resulting in imparting motion to it; this centralizes it along the axis of narrowing to the area of high pressure gas stream and increases diffusion.

If gas pressure in the nozzle 1 is decreased during the jet pump operation, so, under the action of elasticity of bellows chamber 5, it moves rightwards (according to the drawing 1). Thereat, the area of inducible gas nozzle area  $F_2$  is being increased resulting in increase of ejection rate  $n = G_2 / G_1$ .

The controlling pattern is as follows:

$$\downarrow P_{\text{nozzle}} \Rightarrow \text{nozzle} \rightarrow \Rightarrow \uparrow F_2 \Rightarrow \downarrow \alpha \Rightarrow \uparrow n,$$

where:  $P_{\text{nozzle}}$  - pressure of inducible gas in high pressure nozzle;

$\uparrow$  - means growth of corresponding parameter;

$\downarrow$  - means decrease of parameter;

$\rightarrow$  - means movement of the nozzle rightwards;

$\leftarrow$  - means movement of the nozzle leftwards.

Alternatively, when inducible gas pressure in the nozzle 1 increases, the bellows chamber comes loose by working against external pressure effecting on it, as a result, high pressure nozzle section moves leftwards, inducible gas nozzle area  $F_2$  is being decreased resulting in decrease of ejection rate  $n = G_2 / G_1$ .

Thereat, the controlling pattern will be as follows:

$$\uparrow P_{\text{nozzle}} \Rightarrow \leftarrow \text{nozzle} \Rightarrow \downarrow F_2 \Rightarrow \uparrow \alpha \Rightarrow \downarrow n.$$

Movement of nozzle also depends on conditions in the mixing chamber, i.e. from total pressure difference in the working fluid nozzle and mixing chamber, intensity of jet propulsion force created by effusive

stream. Rigidity, elasticity and range of bellow chamber relative elongation are being selected by taking into consideration all these factors. Besides, during its work in design condition the nozzle section should be in a position corresponding to optimum relationship ( $\alpha$ ).

Thus, high pressure nozzle section will automatically move along the axis depending on HP gas pressure in the approach channel through the change of bellows longitudinal size and conditions in the mixing chamber. The jet pump allows increasing consumption of inducible element alongside with pressure increase in the high pressure nozzle and conversely, decreasing consumption of inducible element alongside with pressure decrease in the high pressure nozzle at permanent optimum relationship of nozzle areas  $\alpha$ .

Thus, at high values ( $\alpha$ ) the jet pump will be high pressure but will not be able to work with high coefficient of ejection. Alternately, at low values ( $\alpha$ ) it allows inducing large quantity of gas but raises its pressure poorly.

However, the automatically controlled oil well jet pump represented in the picture 2 is the most preferable. It enables maintenance of optimum operation of both the jet pump itself and the well, depending on change of hydrostatic level of fluid in the well, pressure of fluids and gasses on inducing and pressurizing lines (in annular space, fluid column in tubing, pressure drop across them).

It also consists of running high pressure nozzle of inducible (working) element 1, passing through the perforated protective case 2 and contains bellows 3, jet pump body 4, cone-shaped inlet ring nozzle of inducible element 5, mixing chamber 6 and diffuser 7. Thereat bellow are sealed and filled with inert gas at a certain pressure, and external annular pressure influences them from outside through perforated holes 8 in the case 2.

The bellows itself is located in the bellows chamber 8, the pressure in which is equal to the external exposure pressure. Therefore, the amount of its linear dimensions change is the resultant of external and internal pressures affecting the bellows walls, its hardness and elasticity. The taper angle of inducible gas nozzle is selected based on the range of easy running along the axis of high pressure gas nozzle and its diameter for nozzles cross sections change ( $\alpha$ ) in a wide range.

Gas pressure in the bellows and the amount of its linear dimensions change (and, consequently, the range of easy running along the axis of high pressure gas nozzle) are selected based on the depth of the jet pump lowering in the hydrostatic level of fluid in a well, pressure in tubing and pressure drop across them. During the jet pump work in design condition the nozzle section should be in a position corresponding to optimum relationship ( $\alpha$ ).

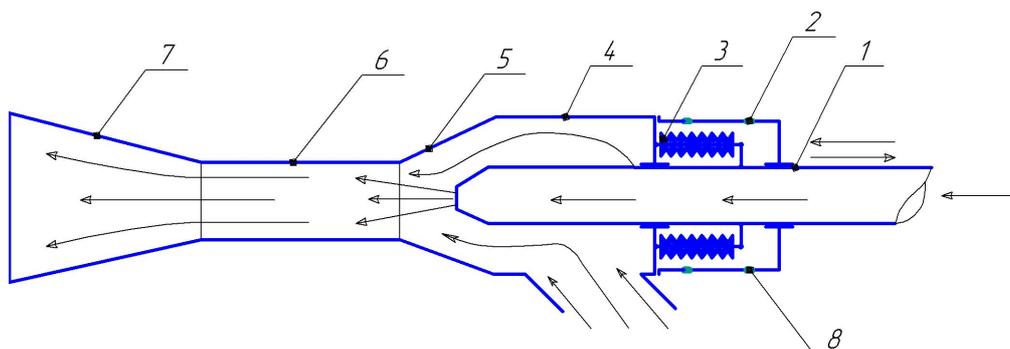


Figure 2. Schematic drawing of automatically controlled oil well jet pump

Jet pump operating process is as follows. When the jet pump is lowered under the static level of fluid in a well, a liquid column pressure, equal to the depth of its lowering under the level affects the effective area of bellows 3 through perforated holes in the case 2.

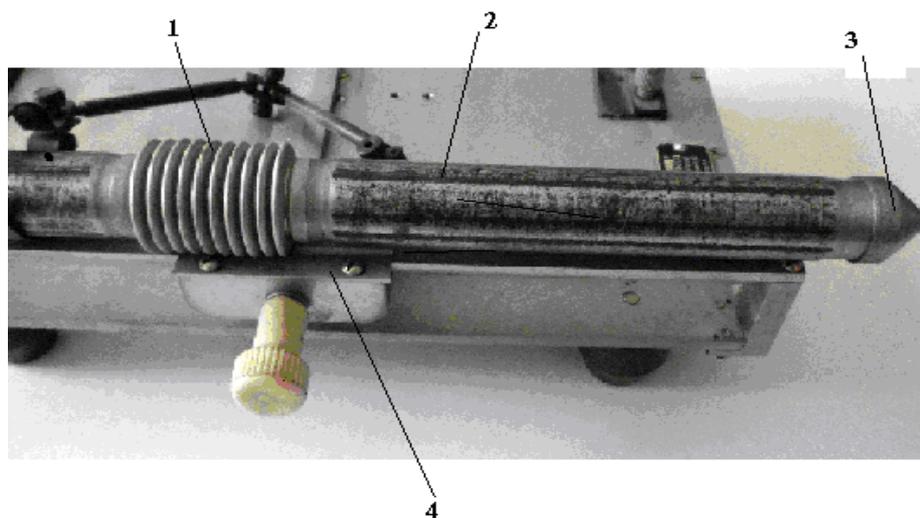
Gas pressure in the bellows lines up with the external pressure and the high pressure nozzle 1 holds initial position towards the ring nozzle 5. At working gas (fluid) supply to the high pressure nozzle and jet pump startup, static fluid level in a well goes down gradually and, consequently, external pressure affecting the bellows drops too, thus, resulting in the bellows expanding. Thereat, as the fluid level goes down the high pressure nozzle moves towards the ring nozzle until static level is settled. Alternatively, as static level increases in a well due to the increasing inflow of reservoir fluids, the pressure affecting the bellow increases too resulting in its compression and movement of high pressure nozzle connected with it. As the bellows

compresses the jet pump works as the high pressure one with lesser coefficient of ejection, and as the bellows expands the jet pump works as the high pressure one with greater coefficient of ejection.

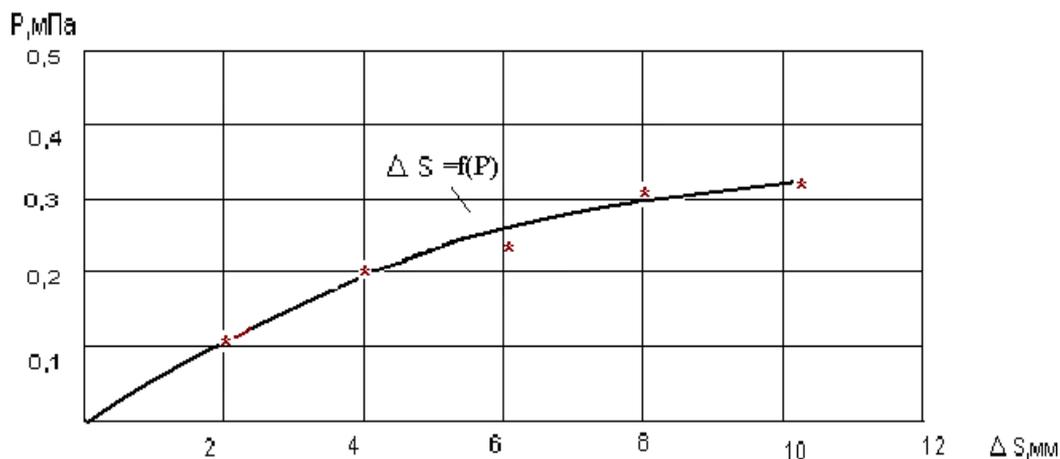
In order to check the performance efficiency of automatically controlled jet pump according to the schematic drawing in the picture 1, a laboratory-based experiment was carried out on engineering sample of high pressure nozzle with elastic bellows. The engineering sample of nozzle is represented in the picture 3, and the picture 4 represents the relation of linear change of bellows depending on air pressure in it supplied from the compressor plant.

To change the linear expansion of the bellows the high pressure nozzle was fixed in the comparator instrument (see picture 3), enabling measuring accuracy up to 0,1 mm. Nozzle cap exit diameter was 3,5 mm. Internal diameter of the pipe moving element was 15 mm.

The experiment has demonstrated that the bellows response depending on air pressure and length of high-pressure nozzle movement are quite enough for jet pump performance mode change in a wide range.



**Figure 3.** General view of experimental high-pressure nozzle with bellows  
1-bellows; 2- pipe moving element; 3- nozzle cap; 4- comparator moving nonius



**Figure 4.** Linear change of bellows depending on air pressure in it

Such design concepts for automatic control of oil well jet pump performance mode depending on external (in particular, well) conditions allow carrying out continuous operation of wells without its shutoff at the change of hydrodynamic conditions.

REFERENCES

1. Abramovich G.N. Applied gas dynamics, M.: Nauka, 1976.
2. Patent RF No. 63472 'Controlled jet pump'. Authors: Kvachantiradze G.M., Krachkovskiy V.V and others. Published on 27.05.2007.
3. Positive decision of RDI MJ RK No. 030997 dated 25.11.2011 on issue of innovative patent for invention 'Automatically controlled gas jet pump' Priority dated from 08.06.2011. Authors: Myrzakhmetov E.B., Myrzakhmetov B.A., Zaurbekov S.A., Batkholdinova A.U., Maikonov A.S.
4. Positive decision of RDI MJ RK No. 000814, dated 12.01.2012 on issue of innovative patent for invention 'Automatically controlled immersed oil well jet pump'. Priority dated from 08.07.2011. Authors: Myrzakhmetov E.B., Myrzakhmetov B.A., Krupnik L.A.

Сладковский А., Мырзахметов Б.А., Айтореева Г.К., Сатыбалдин Қ., Талапбаев Т.

**Автореттелетін ағынды сораптар**

**Түйіндеме.** Ұңғымаларда пайдалану кезінде ағынды сораптардың жұмыс тәртіптерін реттеу мәселелері мен проблемалары қарастырылған. Олардың тұрақсыздығында жұмыс тәртіптерін реттеу үшін авторлар, жұмыс ортасының және сыртқы шарттардың параметрлерінің өзгеруіне байланысты ағынды сораптардың тікелей өздерін де, ұңғымаларды да пайдаланудың оңтайлы шарттарын ұстап тұруға мүмкіндік беретін ағынды ұңғымалық сораптардың әр түрлі конструктивтік сұлбаларын ұсынады.

**Түйінді сөздер.** Ағынды сорап, эжектор, жоғары қысымды саптама, ұңғы, сиффон.

Сладковский А., Мырзахметов Б.А., Айтореева Г.К., Сатыбалдин Қ., Талапбаев Т.

**Авторегулируемые струйные насосы**

**Резюме.** Рассмотрены проблемы регулирования режимов работы струйных насосов при их эксплуатации в скважинных условиях. Для регулирования режима их работы в условиях нестабильности уровня жидкости в скважине авторами предлагаются различные конструктивные схемы струйных скважинных насосов, позволяющих поддерживать оптимальные условия эксплуатации как самих скважин, так и непосредственно самих струйных насосов в зависимости от изменения параметров рабочей среды и внешних условий.

**Ключевые слова.** Струйный насос, эжектор, высоконапорное сопло, скважина, сиффон.

A. Sladkovski, Myrzakhmetov B.A., Aitoreeva G.K., Satybaldin K., Talapbayev T.

**Automaticall controlled jet pumps**

**Summary.** Problems of regulation of operating modes of jet pumps have been considered. For the purpose of jet pumps operation mode regulation various structural drawings of jet pumps have been proposed by the authors. Such jet pumps will enable maintenance of optimum operating conditions of both wells and jet pumps depending on change of parameters of working and environmental conditions.

**Key words:** Jet pump, ejetor, high-pressure nozzle, well, bellows.

ӨОК 338.47

**Д.О. Сатыбалдиева**

(Қ.И. Сатбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университет,  
Алматы қ., Қазақстан Республикасы )

**МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕР ҚҰРУ АРҚЫЛЫ ЭКОНОМИКАЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРДІҢ  
ҮЙЛЕСІМДІ ШЕШІМДЕРІН ТАБУ**

Жалпы жағдайда экономикалық объектілердің математикалық модельдері олардың теңдеу, теңсіздік, логикалық қатынастар, графиктер түріндегі гоморфтық бейнелеулері болып табылады. Гоморфтық бейнелеулер зерттелініп отырған объектілердің элементтерінің қатынасы мен оған сәйкес модельдердің элементтерінің қатынасын құрайды. Басқа сөзбен айтқанда модель объектіні зерттеуді қысқартуға құрылған оның шартты бейнесі. Модельдерді зерттеу объект туралы жаңа білімдер береді және қандайда бір жағдайлар үшін тиімді шешімдер қабылдауға мүмкіндік береді.

Математикалық модельдер мен әдістер микро және макро деңгейіндегі қазіргі заманның экономикалық теориясының табиғи және қажетті элементі болып табылады. Математиканы экономикада қолдану төмендегі келесі мәселелерді шешеді: біріншіден, экономикалық айнымалылар

мен объектілердің маңызды байланыстарын бөліп алуға және формальды бейнелеуге мүмкіндік береді; екіншіден, дедукция әдісімен бастапқы тұжырымдалған мәліметтер мен қатынастар бойынша зерттелінетін объектіге пара-пар қортындылар алуға болады; үшіншіден, математикалық және статистикалық әдістер индуктивтік жолмен объект туралы жаңа білімдер алу мүмкіндік береді; төртіншіден, математика тілін пайдалану экономикалық теориялардың ережелерін дәл және ықшамды баяндайды.

$n$  белгісізді  $m$  сызықтық теңдеулер жүйесі үшін  $x_1, x_2, \dots, x_m$  базистік айнымалылар, ал  $x_{m+1}, x_{m+2}, \dots, x_n$  айнымалылары еркін айнымалылар деп аталатындығы және  $m < n$  болғанда ол жүйенің шексіз көп шешімдері болатындығы жоғары алгебра курсынан белгілі. Еркін айнымалыларға бір-бірінен тәуелсіз қандайда бір мәндер бере отырып жүйенің дербес шешімдерін аламыз. Әрине, олар шексіз көп. Сызықтық теңдеулер жүйесінің дербес шешімдерінің ішінде еркін айнымалылар нөлге тең болған жағдайдағы базистік шешімдердің саны  $c_n^r = \frac{n!}{r!(n-r)!}$  болады. Мұндағы  $r$  – жүйе

матрицасының рангісі,  $n$  – айнымалылар саны.

Егер базистік шешімдердегі базистік айнымалылардың барлық мәндері теріс емес болса, онда бұл шешім үйлесімді деп аталады. Басқаша айтқанда үйлесімді шешім дегеніміз айнымалылардың барлық мәндері оң немесе нөл болатын базистік шешімдер.

Жоғарыда анықтамалары берілген сызықтық теңдеулер жүйесінің барлық шешімдерінің геометриялық мағыналары бар. Атап айтсақ, оның жалпы шешімі  $n$  өлшемді кеңістікте қандайда бір дөңес көпжақты сипаттайды. Дербес шешім осы көпжақтың ішіндегі немесе бетіндегі нүктені білдіреді. Базистік шешім көпжақтың төбелеріне, ал үйлесімді шешім координаталар өсіндегі проекциялары оң немесе нөл болатын көпжақтың төбелеріне сәйкес келеді.

Экономикалық мәселелердің құрылған математикалық модельдерін шешуде сызықтық теңдеулер мен теңсіздіктер жүйесінің үйлесімді шешімдерін іздеу есептері тәжірибеде, күнделікті өмірде жиі кездеседі. Сызықтық теңдеулер жүйесінің үйлесімді шешімдерін алу үшін төмендегі үш шарттың орындалуы қажет:

1) жүйенің матрицалық формасының оң жағын оң санға немесе нөлге тең болатындай етіп жазу керек;

2) жүйенің негізгі элементін тек қана оң элементтердің арасынан іздеу керек;

3) егер бағанда (жолда) бірнеше оң негізгі элементтер болса, онда олардың ішінен негізгі элемент ретінде бос мүшелердің сол элементтерге қатынастарының ең кішісі алынады.

Осы айтылғандарды жүзеге асыру мақсатында нақты экономикалық есепті қарыстыралық.

Айталық қандайда бір өндіріс орынының сандары сәйкес 50 және 60 бірліктерді құрайтын екі түрлі қоры бар болсын. Олар екі түрлі өнім өндірсін. Әрбір дайын өнімнің бағасы сәйкес 3 және 4 теңге болсын. Бірінші өнімді дайындауға бірінші қордың 2 бірлігі, ал екінші қордың 3 бірлігі жұмсалады. Екінші өнімді дайындауға бірінші қордың 4 бірлігі, екінші қордың 2 бірлігі кетеді. Осы өндіріс орнының дайындаған өнімдерінен түскен пайда ең көп болатындай тиімді жоспар жасау қажет.

Осы есептің математикалық моделін құралық.  $x$  және  $y$  арқылы сәйкес бірінші және екінші дайын өнімдердің санын белгілейік. Бұл өнімдерді сатудан түсетін өндірістің жалпы пайдасы  $z = 3x + 4y$  болады.  $x$  пен  $y$  айнымалыларына келесі шектеулер қойылады:

1)  $2x + 4y \leq 50$  (бұл барлық өнімдерді дайындауға жұмсалатын бірінші қордың шығыны қолда бар барлық қордан асуы мүмкін емес дегенді білдіреді).

2)  $3x + 2y \leq 60$  (бұл да солай).

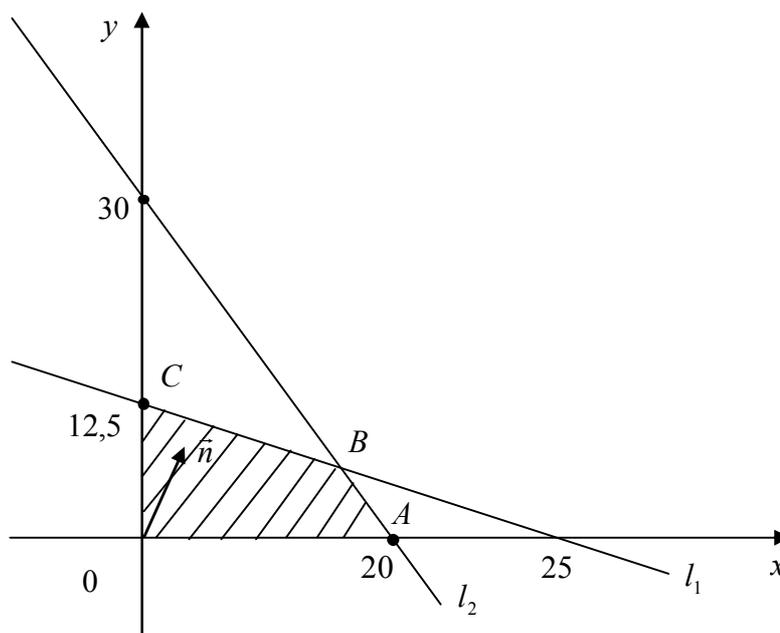
3)  $x \geq 0$  және  $y \geq 0$  (бұл бірінші және екінші бар барлық қордан асуы мүмкін емес дегенді білдіреді).

Осы айтылғандарды саралай келе, қарастырылып отырған есептің төмендегідей экономикалық-математикалық моделін аламыз:

$$\begin{cases} 2x + 4y \leq 50, \\ 3x + 2y \leq 60, \\ x \geq 0, \\ y \geq 0 \end{cases}$$

шарттарын қанағаттандыратын  $z = 3x + 4y$  функциясының ең үлкен мәнін табу керек.

$xOy$  жазықтығында жоғарыдағы шарттарды қанағаттандыратын жүйенің шешімдерінің облысын құрамыз:



1-сурет

Суретте  $l_1$  түзуі  $2x + 4y = 50$  теңдеуіне,  $l_2$  түзуі  $3x + 2y = 60$  теңдеуіне,  $OA$  түзуі  $y = 0$  түзуіне және  $OC$  түзуі  $x = 0$  теңдеуіне сәйкес келеді. Осы төрт түзумен қоршалған  $OABC$  төртбұрышы берілген жүйенің шешімін береді.  $\vec{n}\{3;4\}$  векторы  $z$  функциясының өсу бағытын көрсетеді. Осы өсу бағыты бойынша  $OABC$  облысының соңғы нүктесі  $B$  нүктесіне сәйкес келеді. Бұл деп отырғанымыз,  $z$  функциясы өзінің ең үлкен мәнін осы  $B$  нүктесінде қабылдайды деген сөз.  $B$  нүктесіне жүйенің тиімді шешімі сәйкес келеді, себебі  $B$  нүктесіне жүйенің тиімді шешімі сәйкес келеді. Себебі ол бұрыштық нүкте.  $B$  нүктесінің координаталарын

$$\begin{cases} 2x + 4y = 50, \\ 3x + 2y = 60. \end{cases}$$

жүйесін шешу арқылы табамыз, яғни  $x = 17,5$ ;  $y = 3,75$ . Сонымен,  $z$  функциясы өзінің ең үлкен мәнін  $(17,5; 3,75)$  нүктесін қабылдайды және ол мән  $67,5$  санына тең.

Бұл есепті сызықтық теңдеулер жүйесі арқылы да шешуге болады.  $2x + 4y \leq 50$  теңсіздігін жаңа, теріс емес  $u$  айнымалысын қосу арқылы  $2x + 4y + u = 50$  теңдігіне айналдырамыз. Дәл осылай  $3x + 2y \geq 60$  теңсіздігін жаңа, теріс емес  $v$  айнымалысын қосу арқылы  $3x + 2y + v = 60$  теңсіздігіне айналдырамыз. Сонда жоғарыдағы есеп былай тұжырымдалады:

$$\begin{cases} 2x + 4y + u = 50, \\ 3x + 2y + v = 60 \end{cases}$$

жүйесінің теріс емес шешімдерінің ішінен  $z = 3x + 4y$  функциясының ең үлкен мән қабылдайтын шешімін табу керек.

Әрине жүйенің тиімді шешімін оның үйлесімді шешімдерінің арасынан іздеу қажет. Осы мәселені шешуге кіріселік. Жүйенің үйлесімді шешімдерін ізделік, олар  $C_4^2 = 6$  санынан аспайды.

$$\left( \begin{array}{cccc|c} 2 & 4 & 1 & 0 & 50 \\ 3 & 2 & 0 & 1 & 60 \end{array} \right) \Rightarrow (0; 0; 50; 60) - \text{үйлесімді шешім, яғни } x = 0, y = 0, u = 50, v = 60.$$

$z$  функциясының бұл нүктедегі мәні нөлге тең, яғни  $z = (0;0;50;60) = 0$ .

Кестедегі талдау жасай отырып үйлесімді шешімдердің мүмкін болатын комбинацияларын анықтаймыз. Бірінші жолдағы «2» элементін шешуші элемент ретінде алуға болмайды, себебі  $50 : 2 > 60 : 3$ . Сондықтан (+; -; -; +) комбинациясы үйлесімді шешім бола алмайды. Мұндағы «плюс» таңбасы мен «минус» таңбасы тиімді шешімдерге сәйкес келетін базистік және еркін айнымалыларды көрсетеді.

«4» элементін шешуші элемент ретінде алуға болады, яғни (-; +; -; +) комбинациясы үйлесімді шешімге әйкес келеді.

Екінші жолдағы «3» элементін шешуші элемент ретінде алуға болады, оған (+; -; +; -) комбинациясы сәйкес келеді.

Екінші жылдағы «2» элементі жарамайды, яғни (-; +; +; -) комбинациясы алынбайды.

Сөйтіп, біз екі шешуші тиімді шешімге сәйкес келетін төрт базистік шешімдер комбинациясын айқындадық. Осы шешімдерді табалық.

$$\left( \begin{array}{cccc|c} 2 & 4 & 1 & 0 & 50 \\ 3 & 2 & 0 & 1 & 60 \end{array} \right) \sim \left( \begin{array}{cccc|c} 2 & 4 & 1 & 0 & 50 \\ 8 & 0 & -2 & 4 & 140 \end{array} \right) \sim \left( \begin{array}{cccc|c} \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{4} & 0 & 12,5 \\ 2 & 0 & -\frac{1}{2} & 1 & 35 \end{array} \right).$$

Сөйтіп,  $(0; 12,5; 0; 35)$ ,  $z(0; 12,5; 0; 35)$  үйлесімді шешімін алдық.

$$\left( \begin{array}{cccc|c} 2 & 4 & 1 & 0 & 50 \\ 3 & 2 & 0 & 1 & 60 \end{array} \right) \sim \left( \begin{array}{cccc|c} 0 & 8 & 3 & -2 & 30 \\ 3 & 2 & 0 & 1 & 60 \end{array} \right) \sim \left( \begin{array}{cccc|c} 0 & \frac{8}{3} & 1 & -\frac{2}{3} & 10 \\ 1 & \frac{2}{3} & 0 & \frac{1}{3} & 20 \end{array} \right).$$

Онда  $(20; 0; 10; 0)$ ,  $z(20; 0; 10; 0)$  үйлесімді шешімін аламыз. Ең соңғы (+;+;-;-) комбинациясын тексеру қалды.

$$\left( \begin{array}{cccc|c} 0 & 8 & 3 & -2 & 30 \\ 3 & 2 & 0 & 1 & 60 \end{array} \right)$$

матрицасы үшін шешуші элемент ретінде бірінші жолдың «8» элементін аламыз. Сонда

$$\left( \begin{array}{cccc|c} 0 & 8 & 3 & -2 & 30 \\ 3 & 2 & 0 & 1 & 60 \end{array} \right) \sim \left( \begin{array}{cccc|c} 0 & 8 & 3 & -2 & 30 \\ 24 & 0 & -6 & 12 & 420 \end{array} \right) \sim \left( \begin{array}{cccc|c} 0 & 1 & \frac{3}{8} & -\frac{1}{4} & \frac{15}{4} \\ 1 & 0 & -\frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{35}{4} \end{array} \right).$$

Сөйтіп,  $\left(\frac{35}{2}; \frac{15}{4}; 0; 0\right)$ ,  $z(17,5; 3,75; 0; 0) = 67,5$  үйлесімді шешім аламыз. Сөйтіп, алға қойған мақсатымыз орындалды, оның жауабы бұрынғы табылған жауапқа сәйкес келеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

1. Канторович Л.В., Гавурич М.К. Применение математических методов в вопросах анализа грузопаток. // Проблемы повышения эффективности работы транспорта. М., Изд. АН СССР, 1979. С.37-47.
2. Пугачев В.Ф., Пителин А.К. Инфляция в технически отсталой. Монополизированной экономике // Экономика и математические методы, 1995, №5. -5с.

Сатыбалдиева Д.О.

**Математикалық модельдер құру арқылы экономикалық мәселелердің үйлесімді шешімдерін табу**

**Кілт сөздер:** тасымалдау есебі, математикалық модел, ең аз мән, жұмсалған шығын.

Сатыбалдиева Д.О.

**Нахождение оптимального решения транспортной задачи с помощью математического моделирования**

**Резюме:** В статье наряду с известными методами решения транспортной задачи приводится разработанный автором новый метод, описанный для решения этой задачи и построена математическая модель

**Ключевые слова:** Транспортная задача, оптимальное решение, математическая модель, минимальное значение, суммарные расходы.

Satybaliyeva D.O.

**Finding of optimal decision of transportation problem by method of mathematical simulation**

**Summary:** in this article the author has worked out a new method and mathematical model for the solution of the transportation problem side by side with known methods.

**Key words:** transportation problem, optimal decision (solution), mathematical model, minimum value, total expenses.

УДК 627.352:656.5

**Ш.М. Кобдикова, А.Б. Богуспаев**

(Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М.Тынышпаева  
г. Алматы, Республика Казахстан)

#### **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ МОРСКОГО ПОРТА АКТАУ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются существующие технологическое оснащение морского порта Актау. Проведен анализ результатов технической оснастки порта. Также рассмотрены перспективы развития порта в северном направлении и применение новых погрузочно-разгрузочных механизмов.

Оснащение морского порта служат для погрузочно-разгрузочных работ, то есть, для разгрузки и загрузки различных видов груза с морского транспорта на сухопутный и наоборот. Для этой цели морские порты оборудуют всевозможным техническим оснащением, к числу которого относятся мостовые причальные перегружатели, разнообразные порталные краны, судовые, а также стреловые мобильные краны.

Всё техническое оснащение портов подразделяют на перегрузочную технику, оснастку технологическую, укрупнительные средства, крановые пути рельсовые и бункерные установки (бункеры).

В свою очередь перегрузочное оборудование, которое устанавливают в морских портах, можно разделить на устройства перегрузки и грузоподъемное оборудование, а также на устройства для внутрипортовых механизмов. Это касается автопогрузчиков и электропогрузчиков, аккумуляторных тележек, тягачей, прицепов (трейлеров и ролл-трейлеров) и тракторов, контейнеровозов, контейнерных погрузчиков, передвижных пневмоустановок, «Рич Стакеры» и прочих перегрузочных устройств. К машинам механизации внутри портов относят всевозможные механизмы и устройства, составляющие перегрузочные комплексы и системы.

Технологическую оснастку морских портов также можно подразделить на различные разновидности механизмов и устройств. Прежде всего, к этому виду оснащения относятся грузозахватные элементы и приспособления.

Грузозахватные механизмы - это грейферы, крюки, спредеры, грузоподъемные магниты, вилы погрузчика.

Отдельно порты оснащаются грузозахватными устройствами, устанавливаемыми на погрузчики: с электрическими, гидравлическими и пневматическими приводами, а также грузозахватными устройствами без привода. В таких случаях захваты груза производятся напрямую рабочим, который управляет перегрузочным механизмом или агрегатом из кабины управления, стропальщики в этом процессе участия не принимают (захват для тяжелых материалов в рулонах). К грузозахватным элементам оснастки относят универсальные, цепные и канатные стропы со скобами или крюками, карабинами, сетки, ковши, рамы, а также различные захваты - контейнерные (типа ЗКИ), для труб и прочие грузозахватные механизмы.

Всё оснащение морских портов должно быть сертифицировано и разрешено к эксплуатации на территории Республики Казахстана.

На сегодняшний день порт Актау представляет собой современный многоцелевой терминал, обладающий следующими технологическими возможностями, обеспечивающих его дальнейшее развитие, а именно:

- наличие обширных площадей (более 50 000 кв м открытых площадок и крытый транзитный склад – 6 000 кв м), обеспечивающих надежное хранение грузов, в том числе тяжеловесных, а также эффективное руководство парком контейнеров, что является ключевым звеном в работе современного порта;

- реконструкция обеспечила порт тремя универсальными причалами для обработки генеральных и навалочных грузов, одним причалом для экспорта зерна, перегрузки тяжеловесов и обработки судов типа «РО-РО». Общей протяженностью новых причалов - 550 м и возможна одновременная обработка 4-х судов;

- паромный комплекс, приспособленный для наката-выката железнодорожных вагонов на специализированные паромы;

- наличие четырех нефтеналивных причалов, имеющих возможность одновременной обработки 4-х танкеров водоизмещением до 12 тысяч тонн;

- порт обновил оборудование, дающее возможность перевалки всех видов генеральных и насыпных грузов и грузов в контейнерах.

Порт имеет следующие характеристики по проходным осадкам:

- в судозаходном канале - 6 м;

- к нефтяным причалам (4,5) - 6 м;

- к нефтяным причалам (9,10) - 7 м;

- к сухогрузным причалам (1,2,3) - 6,7 м;

- роходная осадка к паромной переправе (8 причал) - 5,3 м.

В порту работают пять порталных кранов (на причалах 1–3) на рельсовых путях, разнесенных на 10,5 м. Они приводятся в действие электрической энергией, поступающей по волоочащимся кабелям, которые накручиваются на барабан, закрепленный на опоре подъемного крана, и укладываются в шель за рельсом, обращенным к берегу. Кабели подключены к разъемам с напряжением 380 V. В зависимости от производственной необходимости мобильные портовые краны используются в складской зоне, у железнодорожных платформ или на причале.

В порту также имеется портовый конвейерный погрузочный комплекс для погрузки зерна производительностью 300 т в час и переносные зернопогрузчики, которые принадлежат (и эксплуатируются) оператору зернового бункера.

В порту имеется целый ряд погрузочных приспособлений для подъемных кранов. Грейферы используются для погрузки сухих насыпных грузов, а электромагниты (различные типы которых установлены на подъемных кранах) - для погрузки неподготовленного металлолома. Однако в настоящее время большая часть металлолома грузится в скипах. Спредеры используются для перегрузки контейнеров: более крупный, регулируемый, способен перегружать контейнеры всех размеров, кроме 45-футовых, тогда как меньший только стандартные 20-футовые.

Порт открыт для захода судов круглый год. Лоцманская проводка судна в порт (из порта) обязательна. Вместе с тем обязательное использование буксира при швартовых операциях и перестановки судна от причала к причалу. Республиканское государственное предприятие «Актауский международный морской торговый порт» (РГП «АММТП») принимает суда длиной не более 150 м и шириной до 20 м, осадка которых не должна превышать 6,2 м. Количество одновременно обрабатываемых судов - 7. Грузовые операции осуществляются в 2-х грузовых районах - сухогрузном и нефтеналивном, в соответствии с их специализацией.

Таблица 1. Причалы порта Актау

Номер причалов	Длина	Осадка	Назначение
1	150м	4,6м	Генеральный груз/контейнеры
2	150м	4,6м	Генеральный груз/контейнеры
3	100м	4,6м	Генеральный груз/руда
4	188м	5,5м	Нефтеналивной причал
5	188м	5,5м	Нефтеналивной причал
6	150м	4,6м	Многоцелевое назначение - погрузка зерна, тяжеловесов и швартовка парома типа «Ро-Ро»
7	70м	4,0м	Флот порта
8	140м	5,3м	Паромный причал
9	150м	6,2м	Нефтеналивной причал
10	150м	6,2м	Нефтеналивной причал
11	60м		Боновый
12	80м		Маломерные суда

Обслуживание сухогрузного района по маневрированию и передвижению подвижного ж/д состава осуществляет железнодорожная станция района по наливу нефти - трубопроводные компании («Казтрансойл», «Артис Оверсиз», «Терминалекс Ойл Терминал»).

Таблица 2. Технологическая оснастка морского порта Актау

Наименование основного оборудования	Производственная мощность	Количество
Портальный кран	10-20 т	3
Портальный кран	10-20 т	1
Портальный кран	16/20/32 т	1
Мобильный портовый кран	36 т	1
Мобильный портовый кран	64 т	1
Мобильный кран	80 т	1
Полуприцеп «Буискар»	50 т	12
Портовые тягачи «Сису»	35 т	4
Ков/а «Комацу»	3 куб	2
Вил автоп «Сису»	28 т	1
В/а «Кальмар»	28 т	1
В/а «Кальмар»	16 т	5
В/а «Комацу»	16 т	2
В/а «Комацу»	5т	2
В/а «Комацу»	3,5 т	2
В/а «Комацу»	1,8 т	4
Грейферы	V=7,0 куб.м	1
	V=6,7 куб. м	1
	V=5,0 куб. м	1
	V=4,25 куб.м	1
	V=4,0 куб. м	1
	V=3,4 куб. м	1
	V=2,5 куб. м	3
Спрейдеры	V=2,5 куб. м	1
	20-40 футов	1
Магниты	20 футов	1
Захваты для обработки различных грузов		5
		14

Портовый флот:

- т/х «Батыр» - портовый буксир кантовщик – 2720 л.с.;
- т/х «Женис» - портовый буксир кантовщик – 1700 л.с.;
- т/х «Радуга» - сборщик льяных и фекальных вод;
- т/х «МНМС» -205 – нефтемусоросборщик;
- экологическое оборудование для ликвидации пролива нефти.

Проведенный статистический анализ подтверждает стабилизацию поступлений объемов металлопроката, составляющего 92% всех генеральных грузов в направлении порта Актау, и создаёт предпосылки для дальнейшего их увеличения.

Развитая информационная сеть, внедрение современной компьютерной техники и программных средств в порту Актау создают необходимые условия для контроля над процессами погрузки-разгрузки, поиска грузов, формирования заказов автоматизированными комплексами. Процесс изготовления перевозочных и сопроводительных документов полностью автоматизирован, что позволяет сократить время документальной обработки судов в порту.

Порт сотрудничает с научно-исследовательскими институтами в области разработок и дальнейшего совершенствования технологического процесса обработки судов.

Администрацией РГП «АММТП» принимаются меры по укреплению и дальнейшему совершенствованию менеджмента с использованием международных стандартов, изучаются и перенимаются организационные модели, основанные на опыте лидирующих западных компаний.

Все элементы производственной системы Актауского международного морского торгового порта в конечном итоге направлены на создание привлекательных условий для потенциальных потребителей его услуг с целью увеличения провозной способности.

Задействованная в настоящее время производственная мощность порта достигла своей проектной стадии. В этой связи, наряду с совершенствованием имеющейся инфраструктуры, назрела необходимость расширения и дальнейшего развития порта. Уже активно ведутся работы по реализации проекта «Расширение Актауского международного морского торгового порта в северном направлении». По своей мощности северный порт будет соответствовать действующему.

Реализация проекта позволит обеспечить высокий уровень технической оснащенности предприятия, что является одним из главных факторов эффективного развития производственного комплекса, обеспечивающего привлечение значительных объемов груза и гарантирующего их надлежащую переработку.

Инвестиционный проект «Расширение Актауского международного морского торгового порта в северном направлении» предусматривает строительство гидротехнических сооружений - мол, волнолом (к настоящему времени они уже построены) с проведением дноуглубительных работ для формирования акватории порта и подходных каналов, нефтеналивных, сухогрузных причалов и соответствующей инфраструктуры в Северном порту.

27 июля 2009 г. подписан акт государственной комиссии о приемке построенного объекта «Мол» в эксплуатацию. Стоимость строительно-монтажных работ составила 6 642,5 млн. тенге.

В течение 2010-2013 гг. планируется осуществить мероприятия по дальнейшей реализации инвестиционного проекта, а именно: проведение дноуглубительных работ, строительство нефтеналивных и сухогрузных причалов, организация соответствующей инфраструктуры порта.

С учетом маркетинговых прогнозов, потребность в перевалке грузов через порт Актау значительно возрастет с началом разработки крупнейшего месторождения нефти Кашаган в 2013-2014 гг. и достигнет порядка 20,0 млн. т нефти в год.

Исходя из этого, предусматривается строительство четырех нефтеналивных причалов. В связи с изменениями в проекте и конфигурации самой гавани будет построено только три сухогрузных причала, а не четыре, как предполагалось. С учетом того, что контейнерные перевозки - одни из самых перспективных, необходимо создание двух контейнерных терминалов. Это будет новый вид грузов, которые порт сможет обслужить. Кроме того, сухогрузные навалочные причалы смогут обрабатывать сыпучие грузы, такие как уголь, удобрения, сера из Тенгиза и др. Сегодняшний порт подобные грузы не принимает.

Планируется также строительство причала для стоянки судов МЧС, экологического причала. Для создания условий по ускорению реализации плана расширения порта также определена необходимость строительства причалов базирования судов погранслужбы и портофлота. Наряду с нефтеналивными и сухогрузными причалами будут построены причалы для Военно-морских сил РК, в которые будет инвестировано 1508,1 млн. Планируется создать 442 новых рабочих места.

Реализация проекта расширения морского порта в северном направлении на 40 га позволит в будущем обеспечить растущие потребности Казахстана в международных перевозках. В случае реализации плана только перевалка нефти в порту увеличится на 10 млн тонн в год, контейнерная перевалка увеличится до 20 тысяч штук контейнеров, а объемы генеральных грузов возрастут до 3 млн тонн в год.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. web сайт порта Актау [www.portaktauz.kz](http://www.portaktauz.kz)
2. Брюм А.И. Технологическое проектирование морских портов. М: Транспорт, 1971. - 328с.
3. Грузозахватные устройства. М.: Транспорт, 1980. - 223 с.
4. Гуревич Г.Е., Немчиков В.И. Организация и планирование работы морского транспорта. М.: Транспорт, 1972. - 352 с.
5. Ш.М. Кобдикова, А.Б. Богуснаев. Организация погрузочно-разгрузочных работ в РГП «Актауский международный морской торговый порт». Актуальные вопросы современной техники и технологии: Сборник докладов X-й Юбилейной Международной научной конференции (г.Липецк, 26 января 2013 г.). – Липецк: Издательский центр «Гравис», 2013. - С. 79-83.

LITERATURA

1. web sayt porta Aktau [www.portaktau.kz](http://www.portaktau.kz)
2. Bryum A.I. Tehnologicheskoe proektirovanie morskikh portov. M: Transport, 1971. – 328 s.
3. Gruzozahvatnye ustroystva. M: Transport, 1980. – 223 s.
4. Gurevich G.E. Nemchikov V.I. Organizatsiya i planirovanie raboty morskogo transporta. M: Transport, 1972. – 352 s.
5. Kobdikova Sh.M., Boguspayev A.B. Organizatsiya pogruzochno-razgruzochnykh rabot v RGP «Aktauskiy mezhdunarodnyu morskoyu port». Aktualnye voprosy sovremennoy tekhniki I tehnology: Sbornik dokladov X-y YUbileynoy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii (g. Lipetsk, 26 yanvarya 2013 g.). – Lipetsk: Izdatelskiy TSentr «Gravis», 2013. – s. 79 – 83.

Кобдикова Ш.М., Богуспаев А.Б.

**Ақтау теңіз порттың болашақ даму жолдары мен техникалық жабдықтауы**

**Түйіндеме.** «Ақтау теңіз порттың болашақ даму жолдары мен техникалық жабдықтауы» Ақтау теңіз портындағы технологиялық жабдықтаулары қарастырылады. Порттың технологиялық жабдықтауларына анализ нәтижелері жасалды. Сонымен қатар порттың солтүстік бағыттағы даму жолдары мен жүк тиеу-түсірудің жана механизмдерің пайдалану қарастырылған.

Кобдикова Ш.М., Богуспаев А.Б.

**Перспективы развития и техническое оснащение морского порта Актау**

**Резюме.** В статье «Перспективы развития и техническое оснащение морского порта Актау» рассматривается существующее технологическое оснащение морского порта Актау. Проведен анализ результатов технологической оснастки порта. Также рассмотрены перспективы развития порта в северном направлении и применение новых погрузочно-разгрузочных механизмов.

**Ключевые слова:** техническое оснащение; грузозахватные механизмы; лоцманская проводка; портовый флот; бункерные установки.

Kobdikova Sh., Boguspayev A.

**Development prospects of technical equipment at Aktau seaport**

**Summary.** In this article «Development prospects of technical equipment at Aktau seaport» the existing technological equipment of Aktau seaport is considered. The analysis of port's technological equipment was carried out. The development prospects of port in northward direction, and application of new loading-unloading mechanisms are also considered.

**Key words:** technical equipment, load handling mechanisms, pilotage, port fleet, bunker plant.

УДК 669.9 (574)

**Г.В. Гакштетер, А.Ф. Зейнулина, П.В. Корниенко**  
(С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті,  
Павлодар қ. Қазақстан Республикасы)

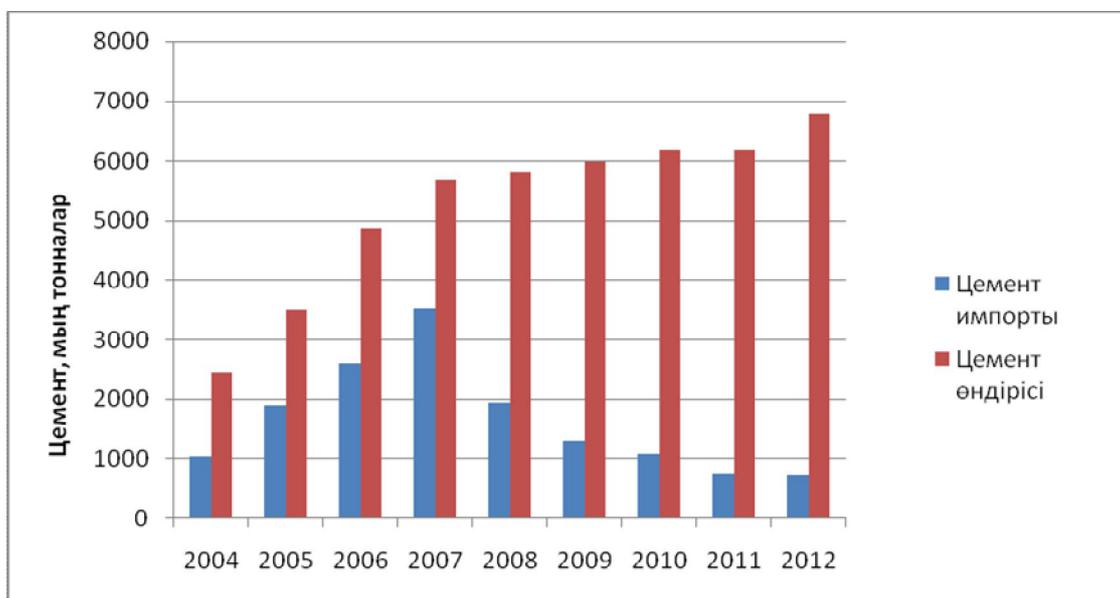
**САПАҒА ҚОЙЫЛАТЫН ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ТАЛАПТАР  
ЖӘНЕ ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЦЕМЕНТКЕ СТАНДАРТ ЖҮЙЕСІ**

**Аңдатпа.** Мақалада Қазақстан Республикасында портландцементті стандарттардың үйлесімдігі туралы мәселе қарастырылады. Қазақстанда портландцементтің өндірісімен және импортпен жағдайы туралы талдау жасап шықты. Цементті ұлттық стандарттардың еуроқағидалармен және еуропалықмен ресейлік нормативтік құжаттама үйлесімдігі Ресейдің тәжірибелуі, сонымен қатар Ресейдегі цементті стандарттау жағдайы қарастырылады.

**Тірек сөздер:** цемент, стандарттардың үйлесімдігі, цементтің сынау әдістері, цементтің стандарттауы.

Цемент негізгі материалдардың бірі болып табылады, оның көмегінсіз Қазақстандағы бір де бір құрылыс жұмыстары жүрмейді. Сондықтан құрылыстың өсуіне байланысты соңғы жылдары цемент бизнесі де өсті, ол инвесторлар үшін неғұрлым пайдалы бола бастады. Қазақстандағы цементті қолданудың нағыз кезеңі 2007 жыл болды (9 млн. тоннадан аса). Портландцементтің бағасы сол

кездерде бір тоннасына 20-30 мың теңгеге дейін жетті (қазір 17-25 мың теңге) және нарықтың сыйымдылығы шамамен 265 млрд. теңгені құрады. Дегенмен, ресми статистикаға сәйкес, цемент өндірісінің құлдырауы болған жоқ. Суретте Қазақстанға цемент өндірісі және цемент импорты көлемі келтірілген.



1-сурет. 2004-2012 жылдардағы Қазақстандағы цемент өндірісі және импорты

Соңғы жылдары цементті қолдану көлемінің біршама ұлғаюы оның жетіспеушілігіне әкеліп соқты (әсіресе отандық өндірілген, сапаның қажетті деңгейіндегі цемент). Қазақстандық құрылыс нарығында шетелдерде өндірілген цементтер пайда болды, ең алдымен Ресейде және Қытайда өндірілген цементтер келді. Қазақстандық және ресейлік цементтер 2003 жылға дейін «Цемент және шлакопортландцемент. Техникалық шарттар» 10178-85 МСТ-ы бойынша шығарылды. Бұл нормативтік құжат Қазақстандағы, Ресейдегі, сонымен қатар ТМД-ның басқа елдеріндегі цемент өндірісін регламенттеді. Іс жүзінде қазақстандық нарыққа қытайда және түркияда өндірілген цементтің ағылуы Астанадағы, Алматыдағы және ОҚО-дағы құрылыс көлемінің өсуімен байланысты болды. Шетелде (еуропада, қытайда) өндірілетін цементтер нормативтік құжаттар бойынша шығарылады, ол құжаттардың «Цементтер. Төзімділік әдістері. Жалпы жағдайлары» МСТ 310.1-76 (СТ СЭВ 3920-82) және 10178 МСТ-тан техникалық жағдайлары біршама ерекше, үздік еді. Нормативтік-техникалық құжаттар мен техникалық талаптардың айырмашылықтары, сонымен қатар төзімділік әдістемесі Ресейде қызмет ететін, еуропа мен қытайлық стандартта қызмет ететін қазақстандық стандарт бойынша шығарылатын цементтердің сапасын салыстыруда қиындықтар туады. Мұндай кедергілер Ресейде де туындады, оларда әртүрлі елдердің өндіруші аумақтарында қызмет ететін стандарттар цементтің физикалық-механикалық қасиеті бойынша, олардың сапасының негізгі көрсеткіштерін анықтау әдісі бойынша ерекшеленеді, бұлардың барлығы да бірдей екі цементті сараптау кезінде әр түрлі нәтиже алумен байланысты болды [1].

ЕО елдерінде және ТМД елдерінде шығарылатын цемент сапасының нақты бағасын алу үшін мемлекетаралық стандарт жасалып, бекітілді, ол стандарт – МСТ 31108-2003 «Жалпықұрылыстық цементтер. Жалпы техникалық шарттар». Ол ЕН 197-1-2000 «Цемент. 1 бөлім. Қарапайым цементтің сәйкестігінің құрамы, техникалық талаптары және критерийлері» атты еуростандартпен ұқсас болды. Сонымен қатар «Портландцементтер және шлакопортландцементтер. Техникалық шарттары» МСТ 10178-85 стандарты да бір мезгілде қызмет жасады.

2012 жылдың 1-шілдесінен бастап «Цемент. 1 бөлім. Қарапайым цемент үшін сәйкестік критерий, құрамы мен затты сипаттайтын құжаты» СТ ҚР ЕН 197-1-2011 стандарты жүзеге асырылатын болды [2]. Бұл нормативтік құжат уақыт өте келе Қазақстанның цемент өндірісі үшін негіз құраушы болуы мүмкін.

Қазіргі уақытта Қазақстанда түрлі бағыттағы нысандардың құрылысы бойынша қазақстан мен еуропаның бірлескен жобаларының үлесі өсіп келеді. Еуропалық серіктестер цементті өз стандарттары бойынша, көбінесе ЕН 196-1-2007 «Цементті сынау әдістері. 1 бөлім. Мықтылығын анықтау» стандарттары бойынша сынап келеді, қазақстандық құрылысшылар сынау хаттамасын ұсынады, мұнда сынау әдісі болып табылатын МСТ 310.1-76 және МСТ 30744-2001 «Цементтер. Сынау әдістері» пайдаланылады. Іс жүзінде МСТ 30744 ЕН 196-1-2007-мен ұқсас болып келеді.

МСТ 30744 және МСТ 310 бойынша сынаудың негізгі ерекшеліктері мыналар болып табылады:

-0,5 тіркелген су мен цементтің қатынасы;

-полифракциялық құмды қолдану (МСТ 310 бойынша тек қана Вольский бір фракциялық құм ғана қолданылады);

-цементтік-құмдық қоспаны тығыздау мен қалау қуаттық әсері мен дірілдік күштің орнына арнайы столда жүргізіледі, оның жиілік күші 3000+200 кол/мин және 0,35 мм амплитудасы бар.

Сынау әдістеріндегі айырмашылықтар мынаған әкеледі: цементтің өлшенетін белсенділігі ерте мерзімде және 28 тәуліктік кезінде МСТ 30744 бойынша МСТ 310 бойынша алынатын белсенділігі бірдей емес. Қолданылатын стандарттар мен Ресейде қолданылып жүрген стандарттың айырмашылықтарын жан-жақты зерттеу жұмыс барысында келтірілген [3]. Сонымен қатар жұмыста ресейдің және шет елдің стандарттарының гармонизациясындағы қиындық туындаған кездегі қабылданатын шешімдердің реттілігін көруге болады. мықтылықтың барлық кластары үшін цементтің 20 МПа мықтылығының дисперсиясы туралы да сөз қозғалды. Мысалы, мықтылық класы СЕМ 32,5 32,5тен 52,5 МПа, мықтылық класы СЕМ 42,5 42,5тен 62,5 МПа және т.б. Бұл мәселелердің барлығы цементтің сапасын есепке ала отырып, бетон құрамын нормаланған көрсеткішпен подбор кезеңінде бетон өндірушілер үшін қиындықтар тудырады [3].

Қазіргі уақытта Қазақстанда цемент стандартының біршама жүйесі қалыптасқан. Мәліметтерге сәйкес [4,5] ҚР СТ 5 ұлттық стандарты және 40 мемлекетаралық МСТ стандарттары бар. Цементтің бұл барлық стандарттары Кедендік одақтың техникалық регламентінің «Гимраттар мен құрылыстардың қауіпсіздігі туралы» жоба базасына енеді. іс жүзінде 45 стандарт цемент үшін сапа көрсеткіштерін регламенттейді. Дегенмен, цементтің саасына қойылатын талаптар біртіндеп өзгеріп отырады, ол шығарылатын және қолданылатын бетондардың сапасының өзгеріп отыруымен байланысты болады [6].

Ресейде А.А. Гвоздев атындағы НИИЖБ және «Мостострой» ҚБ құрылыс кешенінің бас кәсіпорны қазіргі жағдайдағы бетон және ерітінділік қоспалардың сапасын қамтамасыз ету бойынша техникалық ұсыныстар жасалды. Техникалық ұсыныстар шарттары мен жаңа заманның жоғары сапалы бетонын алудың қазіргі заман талаптарына сәйкес келетін цементтің негізгі қасиеттері мынадай болуы қажет:

-үлестік беті – 370-400 м<sup>2</sup>/кг;

-қамтудың басталуы 2 сағ 20 мин – 2 сағ 30 мин;

-қамтудың аяқталуы 3 сағ 30 мин;

-бетон қоспаларындағы судың бөлініп шығуының жоқтығы.

Бұл ұсыныстардың барлығы да Ресейдің, Белоруссияның, Мексиканың, Бразилияның және тағы да басқа елдердің кәсіпорындарында енгізілді. Осылайша, цемент өндіру барысындағы сапаның көрсетілген көрсеткіштеріндегі экономикалық пайда немесе тиімділік 20-30 пайызды құрады [7].

Қазақстан үшін де бұл ұсыныстар сапаның көрсетілген көрсеткіштерімен цементті өндіру мен қолданудың экономикалық тиімділігін біршама көтере алатындығын және жүргізіліп жатқан құрылыс жұмыстарының сапасын көтеруге және ең алдымен, заманауи нысандарды салу барысында жаңа заманғы бетондарды пайдалануға ықпал ететіндігін атап өту қажет.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

1 Мошкова С.В., Юмашева Т.А., Хрипакова, Зимина Н.С. Новая лаборатория физико-механических испытаний цементов по ГОСТ 31108-2003 // Строительные материалы. – 2008. – №5. – с. 66-67.

2 Стандарттардың ақпараттық сілтемесі САС № 10 – 2011г. с.26.

3 Подмазова С.А. Российские цементы и нормативы, на соответствие которым они выпускаются // Бетон и железобетон. – 2008. – №5. – с. 28-30.

4 Указатель межгосударственных нормативных документов по стандартизации Т1, Т2, Т3: Издание официальное. – Астана.: Изд. РГП «Казахстанский институт стандартизации и сертификации», 2011.

5 Указатель нормативных документов по стандартизации Республики Казахстан: Издание официальное. – Астана.: Изд. РГП «Казахстанский институт стандартизации и сертификации», 2011.

6 *Калашиков В.И., Валиев Д.М. Гуляева Е.В., Володин В.М.* Пропариваемые песчаные бетоны нового поколения // Бетон и железобетон. – 2011. – №5. – с. 2-5

7 *Афанасьева В.Ф., Устюгов В.А., Коровяков В.Ф.* Современные требования к качеству цементов отечественного и зарубежного производства для российского строительства // Технология бетонов. – 2008. №8. – с. 8-10

Гакштетер Г.В., Зейнулина А.Ф., Корниенко П.В.

**Современные требования к качеству и система стандартов на цемент в Казахстане**

**Резюме.** В статье анализируется вопрос о гармонизации стандартов на цемент в Республике Казахстан. Рассмотрена ситуация с производством и импортом портландцемента в Казахстане. Приведен опыт России в гармонизации национальных стандартов на цемент с евронормами, а также рассмотрена ситуация со стандартизацией цементов в России.

Gaksheter G.V., Zeynulina A.F., Kornienko P.V.

**Modern quality requirements and system standards for cement in Kazakhstan**

**Summary.** The article examines the issue of harmonization of standards for cement in Kazakhstan. Devoted to production and import of portlandcement in Kazakhstan. Devoted to production and import of portlandcement in Kazakhstan. The experience of Russia in the harmonization of national standards for cement with emission class and reviewed the situation with the standardization of cement in Russia.

УДК 669.822

**С.Б. Дюсенова, К.А. Линник, А.В. Климова, К.Г. Карасева, Ю.Г. Сажин**  
(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан )

### **ФЛОТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ УПОРНОЙ ЗЛОТОМЫШЬЯКОВОЙ РУДЫ**

По разведанным запасам золота Казахстану принадлежит девятое место в мире. Однако по производству золота Казахстан занимает лишь четвертое место в СНГ – после России, Узбекистана и Кыргызстана. Это обусловлено трудной обогатимостью золотосодержащих руд и «упорностью» содержащегося в них золота. Известно, что таких упорных руд в Казахстане насчитывается более 60%. Одна из основных причин упорности – наличие тонкодисперсного, ассоциированного с сульфидами золота. К таким рудам относятся и руды крупного Васильковского месторождения, разведанные запасы которых составляют 360 тонн при содержании золота в руде 2,4–3,8 г/т, при этом тонкодисперсное ассоциированное с пиритом и арсенопиритом золото, которое может быть при определенных условиях извлечено флотацией составляет 20,52%. Наличие же в руде более 30% свободного золота предопределяет целесообразность применения гравитационного обогащения. Экспериментальная проверка показала, что стремление получить богатые гравитационные концентраты с содержанием золота 100 г/т и более при малом их выходе (менее 1%) не позволяет существенно снизить содержание золота как в хвостах последующего цианирования, так и флотации. Например, хвосты флотации обеднялись по содержанию в них золота всего на 0,1г/т и отходили с содержанием золота 0,9–1,1 г/т, а хвосты цианирования отходили с содержанием 0,8–0,9 г/т против 0,9–1,0 г/т без предварительного гравитационного обогащения.

Более глубокое гравитационное обогащение отсадкой с получением 6–7% гравитационного концентрата с извлечением в него 35–42% всего золота позволяет в последующем получить более бедные хвосты как флотации, так и цианирования. Например, флотацией хвостов гравитации по схеме на рисунке (2) было получено вполне отвальное содержание золота 0,4–0,45г/т. Планомерное исследование хвостов глубокого гравитационного обогащения было выполнено методом планирования эксперимента, результаты которого излагаются ниже.

Исследования по флотационному обогащению были проведены на хвостах гравитации с содержанием золота 2,4 г/т по методике спланированного эксперимента (крутое восхождение), была реализована дробная реплика четырехфакторного эксперимента с переменными:

- 1) крупность измельчения по классу мельче 0,074 мм ( $X_1$ );
- 2) расход вспенивателя Т-80 ( $X_2$ );
- 3) расход бутилового ксантогената ( $X_3$ );
- 4) расход медного купороса ( $X_4$ ).

Матрица планирования эксперимента приведена в таблице 1, схема проведения опытов представлена на рисунке 1. Полученные результаты приведены в таблице 2. По данным этой таблицы проведена математическая обработка результатов спланированных экспериментов.

Таблица 1. Матрица планирования экспериментов по флотации

Показатели	Переменные факторы				Параметр оптимизации (извлечение)
	Крупность измельчения %, кл. мельче 0,074	Расход реагентов			
		Т-80	Бутиловый ксантогенат	Медный купорос	
Основной уровень	75	60	125	75	
Интервал варьирования	10	20	25	75	
Верхний уровень	85	80	150	150	
Нижний уровень	65	40	100	0	
Номер опытов					
1	-	-	-	-	
2	+	-	-	-	
3, 9	-	+	-	-	
4, 10	+	+	+	-	
5	-	-	+	+	
6, 11	+	-	+	+	
7	-	+	-	+	
8, 12	+	+	+	+	

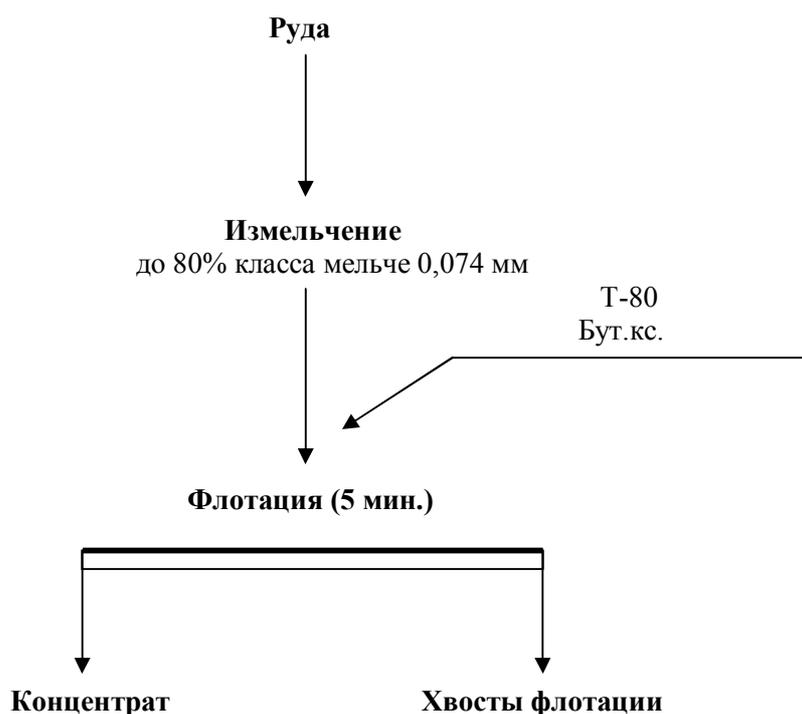


Рис.1. Схема проведения опытов по флотации

Таблица 2. Результаты опытов, выполненных по матрице планирования экспериментов

№ опыта	Продукты	Выход, %	Содержание золота, г.	Масса золота, г.	Распределение, %
1	Концентрат	5,81	25,1	1,458	60,76
	Хвосты флотации	94,19	1,0	0,942	39,24
	Исходная	100,0	(2,4)	2,4	100
2	Концентрат	5,88	24,8	1,459	60,78
	Хвосты флотации	94,12	1,0	0,941	39,22
	Исходная	100	(2,4)	2,4	100
3	Концентрат	6,81	22,91	1,56	65,0
	Хвосты флотации	93,19	0,9	0,84	35,0
	Исходная	100	(2,4)	2,4	100
4	Концентрат	8,5	16,40	1,3935	58,06
	Хвосты флотации	91,5	1,1	1,0065	41,94
	Исходная	100	(2,4)	2,4	100
5	Концентрат	9,63	13,7	1,316	54,83
	Хвосты флотации	90,37	1,2	1,084	45,17
	Исходная	100	(2,4)	2,4	100
6	Концентрат	8,79	20,0	1,762	73,42
	Хвосты флотации	91,21	0,7	0,638	26,58
	Исходная	100	(2,4)	2,4	100
7	Концентрат	9,94	16,0	1,59	66,25
	Хвосты флотации	90,06	0,9	0,81	33,75
	Исходная	100	(2,4)	2,4	100
8	Концентрат	9,27	17,0	1,58	65,80
	Хвосты флотации	90,73	0,9	0,82	34,2
	Исходная	100	(2,4)	2,4	100
9	Концентрат	6,55	19,5	1,279	53,29
	Хвосты флотации	93,45	1,2	1,121	46,71
	Исходная	100	(2,4)	2,4	100
10	Концентрат	8,4	11,1	0,934	38,92
	Хвосты флотации	91,6	1,6	1,466	61,08
	Исходная	100	(2,4)	2,4	100
11	Концентрат	8,76	17,0	1,488	61,98
	Хвосты флотации	91,24	1,0	0,912	38,02
	Исходная	100	(2,4)	2,4	100
12	Концентрат	9,59	11,8	1,59	66,1
	Хвосты флотации	90,41	0,9	0,81	33,9
	Исходная	100	(2,4)	2,4	100

Математической обработкой результатов опытов, приведенных в таблице 2, было получено уравнение регрессии:

$$\epsilon = 59,69 + 2,43X_1 + 1,66X_2 - 1,04X_3 + 1,0X_4$$

Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии показала, что все рассчитанные коэффициенты при нерешенных  $X_1, X_2, X_3, X_4$  являются незначимыми, т.е. опыты по флотации были поставлены в оптимальном (стационарном) режиме. Следовательно, для повышения извлечения

золота флотацией необходимо исследование других вариантов, например, стадийной флотации с более тонким измельчением руды. В этом направлении был поставлен укрупненный (балансовый) опыт по схеме на рис.2 при следующих условиях:

- 1) крупность измельчения хвостов гравитации в 1-ю флотацию – 65% кл. мельче 0,074мм;
- 2) крупность доизмельчения хвостов 2-й флотации 77,9% кл. мельче 0,050 мм;
- 3) режим 1-й флотации:
  - продолжительность флотации – 5мин;
  - расход Т-80 – 72 г/т;
  - расход ксантогената – 175 г/т;
- 4) режим 2-й флотации:
  - продолжительность флотации – 10 мин;
  - расход Т-80 – 36 г/т;
  - расход ксантогената – 50 г/т;
- 5) режим 3-й флотации:
  - продолжительность флотации – 15 мин;
  - расход Т-80 – 36 г/т;
  - расход ксантогената – 50 г/т.

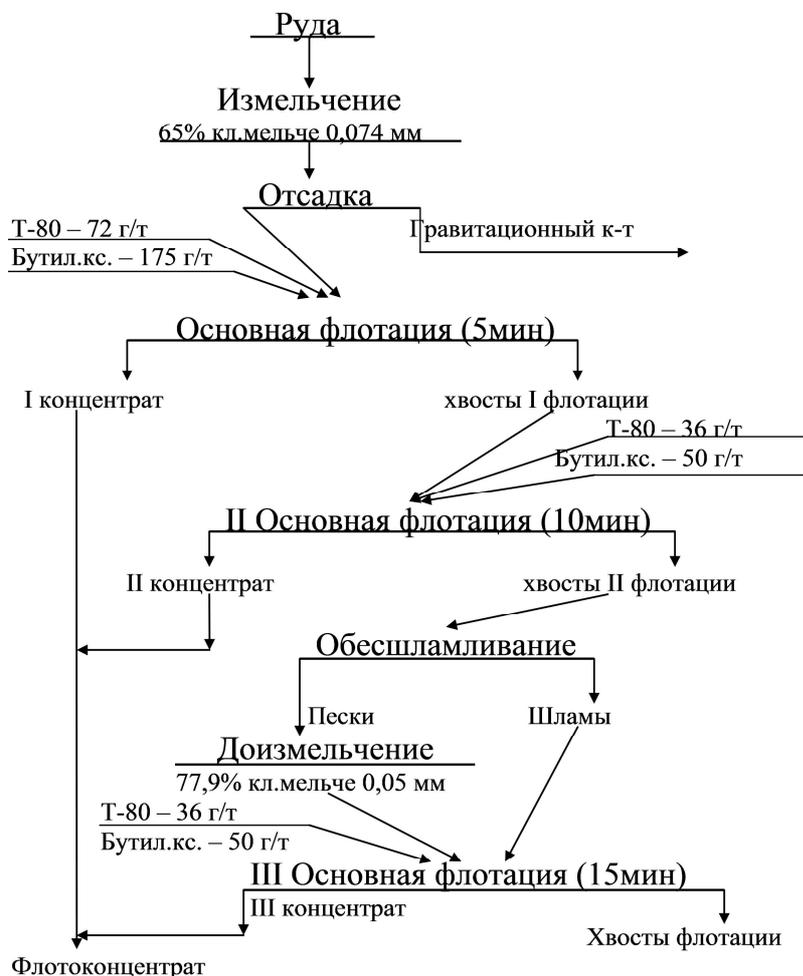


Рис. 2. Схема укрупненного опыта

Результаты укрупненного опыта представлены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты укрупненного опыта

Продукты	Выход, %	Содержание золота, г/т	Распределение, %
Гравитационный к-т	6,07	25,2	40,25
Флотоконцентрат	13,65	12,7	50,88
Хвосты флотации	80,28	0,42	8,87
Руда	100	3,8	100,0

Результаты укрупненного опыта (таблица 3) показывают, что возможно получение вполне отвальных по содержанию золота хвостов флотации. Для этого требуется проведение стадийной флотации при конечной крупности измельчения не менее 80% класса мельче 0,05 мм. Без применения перечстных операций выход объединенного флотоконцентрата составил 14,58% с содержанием золота 13,1 г/т. Хвосты флотации в этом случае получены с содержанием золота 0,43 г/т при общем их выходе 78,31%. Общий выход гравитационного и флотационного концентратов составил 21,69% со средним содержанием золота в смеси концентратов 16,1 г/т.

В таблице 4 представлены результаты седиментационного и пробирного анализов хвостов флотации укрупненного балансового опыта.

Таблица 4. Результаты седиментационного и пробирного анализов хвостов флотации укрупненного опыта

Классы крупности, мм	Выход, %	Содержание золота, г/т	Распределение, %
-0,2 +0,15	2,56	0,41	2,46
-0,15 +0,10	5,35	0,38	4,75
-0,10 +0,074	6,97	0,42	6,86
-0,074 +0,056	4,51	0,54	5,71
-0,056 +0,040	20,68	0,43	20,80
-0,040 +0,020	22,32	0,43	22,45
-0,020 +0,0	37,61	0,42	36,97
Хвосты флотации	100,0	(0,4274)	100,0

Расчетные данные, представленные в таблице 4 показывают, что в классах мельче 56 мкм содержание золота составляет 0,42-0,43 г/т. При суммарном выходе этих классов 80,22% средневзвешенное содержание золота в них составляет 0,425 г/т, а в классах крупнее 56 мкм – 0,485 г/т при выходе этих классов 19,78 %. Распределение золота по этим классам составило соответственно 80,22 % и 19,78%.

Если применить последующее цианирование хвостов флотации можно получить хвосты цианирования с содержанием золота 0,2 г/т, то есть извлечь 50% золота из хвостов флотации.

Дюсенова С.Б., Линник К.А., Климова А.В., Карасева К.Г., Сажина Ю.Г.

**Алтын құрамды кенді бір сатылы флотациялау.**

**Түйіндеме.** Алтын құрамды кенді бір сатылы флотациялауда (тәжірибе жоспарлау тәсілімен жүргізілген) 65-85% 0,074 мм класынан төмен ұнтақтау ірілігіне зерттеу нәтижелер келтірілген. Флотация қалдығында 0,7 г/т алтын мөлшерінде алтынның жоғарғы алыну дәрежесі 73,43% болып жетілді.

Флотация қалдығында алтынның жоғалымы 0,42 г/т болғанда, сатылы ұнтақтау арқылы 80% дейін 0,05 мм класынан төмен және сатылы флотация арқылы алтынның концентратқа бөліп алыну дәрежесі 84,53% дейін көтеріледі.

Балансты тәжірибе нәтижесі бойынша алтынның гравитациялық және флотациялық концентраттарға жалпы бөліп алыну дәрежесі 91,13% құрады.

Дюсенова С.Б., Линник К.А., Климова А.В., Карасева К.Г., Сажина Ю.Г.

**Флотационное обогащение упорной золотомышьяковой руды.**

**Резюме.** Приведены результаты исследования одностадийной флотации золотосодержащей руды по методу планирования эксперимента (крутое восхождение) для крупности измельчения 65-85% класса мельче 0,074 мм.

Достигнуто максимальное извлечение золота 73,43% при содержании в хвостах флотации 0,7 г/т.

Стадийным измельчением до 80% класса мельче 0,05мм и стадийной флотацией извлечение золота во флотационный концентрат повышается до 84,53% с содержанием золота в хвостах флотации до 0,42 г/т.

По результатам балансового опыта (табл. 4) общее извлечение золота в гравитационный и флотационный концентрат составило 91,13%.

Dusenova S., Linnik K., Klimova A., Karaseva K., Sazhin Yu.

**Floated preparation of refractory ore.**

**Summary.** Following results of the study singlestage flotation of goldcontaining ore method of planning experiment (steep climb), for size 65-85% of -0.074 mm class.

Reached the maximum gold recovery 73.43% when the content in the flotation tailings 0.7 g / t

By stage-grinding to 80% class of -0.05 mm and stadial flotation gold recovery in the flotation concentrate is increased to 84.53% with the gold content in the flotation tailings to 0.42 g / t

According to the results of the balance of experience (see Table 4) the total gold recovery in gravitational and flotational concentrate was 91.13%.

УДК 519

П.Б. Бейсебай, Г.Х. Мухамедиев, Н.Т. Данаев

(Восточно-Казахстанский государственный университет имени Д. Серикбаева,  
(ДГП «НИИ математики и механики», Казахский национальный университет имени аль-Фараби  
г. Алматы, Республика Казахстан)

### ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ РАЗНОСТНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ УРАВНЕНИЙ СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИИ

**Аннотация.** Рассмотрен неявный итерационный алгоритм с параметрами для численного решения системы стационарных сеточных уравнений тепловой конвекции несжимаемой жидкости. Получена априорная оценка для устойчивости схемы относительно правой части уравнений и в линейном случае выявлены условия на параметры для сходимости алгоритма к решению системы.

**Ключевые слова:** тепловая конвекция, несжимаемая жидкость, конечно-разностная сетка, разностное уравнение, разностный алгоритм, сходимость итерации

В  $D = \{0 < x_m < 1, m = \overline{1, N}\}$ , где  $N$  – размерность пространства, рассмотрим систему разностных стационарных уравнений свободной конвекции в безразмерных переменных вида

$$L_{h,\bar{u}}(\bar{u})\bar{u} + \overline{grad}_h p = \Delta_h \bar{u} - \frac{Gr \bar{g}}{|\bar{g}|} \theta + \bar{f}(x), \quad (1)$$

$$div \bar{u} = 0, \quad (2)$$

$$L_{h,\theta}(\bar{u})\theta = \frac{1}{Pr} \Delta_h \theta + g(x), \quad (3)$$

с однородными краевыми условиями для вектора скорости и температуры, где  $\bar{f}(x)$ ,  $g(x)$  – заданные сеточные функций,  $x = (x_1, x_2, \dots, x_N)$ ,  $\bar{u} = (u_1, u_2, \dots, u_N)$  – вектор скорости,  $u_\alpha = u_\alpha(x_1, x_2, \dots, x_N)$ ,  $\alpha = \overline{1, N}$ ,  $p(x)$  – давление,  $\theta(x)$  – температура,  $\bar{g}(x)$  – вектор силы тяжести.

Предполагается, что компоненты вектора скорости  $u_m$ ,  $m = \overline{1, N}$  определены в узлах соответствующих сеток

$$D_{m,h} = \{(l_1 h, l_2 h, \dots, l_{m-1} h, (l_m + 1/2)h, l_{m+1} h, \dots, l_N h), l_k = \overline{0, M}, k \neq m, l_m = \overline{0, M-1}, Mh = 1\},$$

а значения давления и температуры в узлах сетки

$$D_h = \{(l_1 h, l_2 h, \dots, l_N h), l_k = \overline{0, M-1}, k = \overline{0, N}\}.$$

Предположим, что на границах расчетной области компонента вектора скорости и температура принимают однородные нулевые значения, т.е.

$$u_m |_{\partial D_{m,h}} = \theta |_{\partial D_h} = 0.$$

и давление  $p(x)$  ортогонально единице в  $L_2(D_h)$ .

Пользуясь идеей слабой сжимаемости для численного решения разностной задачи тепловой конвекции, рассмотрим следующий разностный алгоритм

$$\frac{u_m^{n+1} - u_m^n}{\tau} + L_{h,m} u_m^{n+1} + \left( p^n - \frac{\tau}{\varepsilon} \operatorname{div}_h \bar{u}^n \right)_{x_m} = \Delta_h u_m^{n+1} + \frac{\delta \tau}{2\varepsilon} (u_{m,x_m}^{n+1} - u_{m,x_m}^n)_{\bar{x}_m} - \frac{Gr g_m}{|\bar{g}|} \theta^{n+1} + f_m, \quad (4)$$

$$\varepsilon \frac{p^{n+1} - p^n}{\tau} + \operatorname{div}_h \bar{u}^{n+1} = 0, \quad (5)$$

$$\frac{\theta^{n+1} - \theta^n}{\tau} + L_{h,\theta} \theta^{n+1} = \frac{1}{Pr} \Delta_h \theta^{n+1} + g(x), \quad (6)$$

где  $L_{h,m}$  и  $L_{h,\theta}$  - энергетически нейтральные операторы.

Подобные вопросы рассмотрены в работах [1-7]. В работе [7] впервые рассмотрен двумерный аналог итерационной схемы типа (4)-(6) (схемы без параметров) и исследование сходимости проведено лишь в случае линейной задачи Стокса. В работе [8] эти исследования были продолжены для области произвольной размерности  $N = 1, 2, 3$ . В предлагаемой работе рассматривается вопрос сходимости алгоритма с параметрами.

**Теорема 1.** Для разностного алгоритма (4)-(6) при любых положительных  $\varepsilon_1, \varepsilon_2$  и  $0 < \varepsilon_3 < \delta_0$  имеет место оценка

$$E^{n+1} + \|\bar{u}^{n+1} - \bar{u}^n\|^2 + 2\tau \left( 1 - \frac{Gr\varepsilon_1 - \varepsilon_2}{\delta_0} \right) \|\nabla_h \bar{u}^{n+1}\|^2 + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \|\operatorname{div}_h \bar{u}^n\|^2 + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \left( \frac{\delta}{2} - N \right) \sum_{m=1}^N \|u_{m,x_m}^{n+1} - u_{m,x_m}^n\|^2 + \frac{Ra}{4\varepsilon_1(\delta_0 - \varepsilon_1)} \|\theta^{n+1} - \theta^n\|^2 \leq E^n + \frac{\tau Ra Rr}{8\varepsilon_1(\delta_0 - \varepsilon_3)\varepsilon_3} \|g\|^2 + \frac{\tau}{2\varepsilon_2} \|\bar{f}\|^2,$$

$$\text{где } E^n = \|\bar{u}^n\|^2 + \varepsilon \|p^n\|^2 + \frac{Ra}{4\varepsilon_1(\delta_0 - \varepsilon_3)} \|\theta^n\|^2 + \frac{\tau^2 \delta}{2\varepsilon_2} \sum_{m=1}^N \|u_{m,x_m}^n\|^2,$$

$\delta_0$  - наименьшее собственное число разностного оператора Лапласа,  $\|\cdot\|$  - норма в  $L_2(D_h)$ ,

$Gr$  - число Грасгофа,  $Pr$  - число Прандтля,  $Ra = Gr Pr$  - число Релея.

**Доказательство:**

Умножая на  $2\tau u_m^{n+1}$  уравнения (4) и суммируя по узлам конечно-разностной сетки, имеем

$$\|\bar{u}^{n+1}\|^2 + \|\bar{u}^{n+1} - \bar{u}^n\|^2 - 2\tau (p^n - \frac{\tau}{\varepsilon} \operatorname{div}_h \bar{u}^n, \operatorname{div}_h \bar{u}^{n+1}) + 2\tau \|\nabla_h \bar{u}^{n+1}\|^2 + \frac{\tau^2 \delta}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|u_{m,x_m}^{n+1}\|^2 + \frac{\tau^2 \delta}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|u_{m,x_m}^{n+1} - u_{m,x_m}^n\|^2 = \|\bar{u}^n\|^2 - \frac{2\tau Gr}{|\bar{g}|} (\bar{g} \theta^{n+1}, \bar{u}^{n+1}) + 2\tau (\bar{f}, \bar{u}^{n+1}) + \frac{\tau^2 \delta}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|u_{m,x_m}^n\|^2.$$

Преобразовав третье слагаемое левой части данного уравнения, воспользуясь уравнением (5), и применив свойства модуля, неравенство Коши-Буняковского и неравенство

$$\|\operatorname{div}_h (\bar{u}^{n+1} - \bar{u}^n)\|^2 = \sum_{i,j,k} \left( \sum_{m=1}^N (u_{m,\bar{x}_m}^{n+1} - u_{m,\bar{x}_m}^n) \right)^2 \leq \sum_{i,j,k} N \sum_{m=1}^N (u_{m,\bar{x}_m}^{n+1} - u_{m,\bar{x}_m}^n)^2 = N \sum_{m=1}^N \sum_{i,j,k} (u_{m,\bar{x}_m}^{n+1} - u_{m,\bar{x}_m}^n)^2 = N \sum_{m=1}^N \|u_{m,\bar{x}_m}^{n+1} - u_{m,\bar{x}_m}^n\|^2,$$

имеем

$$\begin{aligned} & \|\bar{u}^{n+1}\|^2 + \|\bar{u}^{n+1} - \bar{u}^n\|^2 + \varepsilon \|p^{n+1}\|^2 + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \|\operatorname{div}_h \bar{u}^n\|^2 + 2\tau \|\nabla_h \bar{u}^{n+1}\|^2 + \frac{\tau^2 \delta}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|u_{m,x_m}^{n+1} - u_{m,x_m}^n\|^2 + \\ & + \frac{\tau^2 \delta}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|u_{m,x_m}^{n+1}\|^2 \leq \|\bar{u}^n\|^2 + 2\tau Gr \|\theta^{n+1}\| \cdot \|\bar{u}^{n+1}\| + 2\tau \|\bar{f}\| \cdot \|\bar{u}^{n+1}\| + \varepsilon \|p^n\|^2 + \\ & + \frac{\tau^2}{\varepsilon} N \sum_{m=1}^N \|u_{m,x_m}^{n+1} - u_{m,x_m}^n\|^2 + \frac{\tau^2 \delta}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|u_{m,x_m}^n\|^2. \end{aligned}$$

Отсюда на основе неравенств

$$a \cdot b \leq \gamma a^2 + \frac{1}{4\gamma} b^2,$$

где  $\gamma$  - произвольное положительное число, и

$$\|\omega\|^2 \leq \frac{1}{\delta_0} \|\nabla_h \omega\|^2$$

придем к неравенству

$$\begin{aligned} & \|\bar{u}^{n+1}\|^2 + \|\bar{u}^{n+1} - \bar{u}^n\|^2 + \varepsilon \|p^{n+1}\|^2 + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \|\operatorname{div}_h \bar{u}^n\|^2 + 2\tau \left(1 - \frac{Gr\varepsilon_1}{\delta_0} - \frac{\varepsilon_2}{\delta_0}\right) \|\nabla_h \bar{u}^{n+1}\|^2 + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \left(\frac{\delta}{2} - N\right) \times \\ & \times \sum_{m=1}^N \|u_{m,x_m}^{n+1} - u_{m,x_m}^n\|^2 + \frac{\tau^2 \delta}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|u_{m,x_m}^{n+1}\|^2 \leq \|\bar{u}^n\|^2 + \frac{\tau Gr}{2\varepsilon_1 \delta_0} \|\nabla_h \theta^{n+1}\|^2 + \frac{\tau}{2\varepsilon_2} \|\bar{f}\|^2 + \\ & (7) \\ & + \varepsilon \|p^n\|^2 + \frac{\tau^2 \delta}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|u_{m,x_m}^n\|^2. \end{aligned}$$

Умножая обе части уравнения (5) на  $2\tau\theta^{n+1}$  и учитывая энергетическую нейтральность  $L_{h,\theta}$ , после аналогичных преобразований и оценок, приведенных выше, имеем при  $\varepsilon_3 > 0$

$$\|\theta^{n+1}\|^2 + \|\theta^{n+1} - \theta^n\|^2 + \frac{2\tau}{\operatorname{Pr}} \left(1 - \frac{\varepsilon_3}{\delta_0}\right) \|\nabla_h \theta^{n+1}\|^2 \leq \frac{\tau \operatorname{Pr}}{2\varepsilon_3} \|g\|^2 + \|\theta^n\|^2.$$

Складывая данное неравенство, предварительно умножив его на  $\frac{Gr \operatorname{Pr}}{4\varepsilon_1(\delta_0 - \varepsilon_3)}$ , с неравенством

(7), получим при  $0 < \varepsilon_3 < \delta_0$  следующую оценку для итерации (4)-(6)

$$\begin{aligned} & \|\bar{u}^{n+1}\|^2 + \|\bar{u}^{n+1} - \bar{u}^n\|^2 + \varepsilon \|p^{n+1}\|^2 + 2\tau \left(1 - \frac{Gr \varepsilon_1}{\delta_0} - \frac{\varepsilon_2}{\delta_0}\right) \|\nabla_h \bar{u}^{n+1}\|^2 + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \|\operatorname{div}_h \bar{u}^n\|^2 + \\ & + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \left(\frac{\delta}{2} - N\right) \sum_{m=1}^N \|u_{m,x_m}^{n+1} - u_{m,x_m}^n\|^2 + \frac{Ra}{4\varepsilon_1(\delta_0 - \varepsilon_3)} \left(\|\theta^{n+1}\|^2 + \|\theta^{n+1} - \theta^n\|^2\right) + \frac{\tau^2 \delta}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|u_{m,x_m}^{n+1}\|^2 \leq \\ & \leq \|\bar{u}^n\|^2 + \varepsilon \|p^n\|^2 + \frac{Ra}{4\varepsilon_1(\delta_0 - \varepsilon_3)} \|\theta^n\|^2 + \frac{\tau Ra \operatorname{Pr}}{8\varepsilon_1(\delta_0 - \varepsilon_3)\varepsilon_3} \|g\|^2 + \frac{\tau}{2\varepsilon_2} \|\bar{f}\|^2 + \frac{\tau^2 \delta}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|u_{m,x_m}^n\|^2. \end{aligned}$$

Теорема доказана.

Сходимость итерации (4)-(6) проведем для линейного случая.

Уравнения погрешности итерационного процесса, для решения соответствующих линейных стационарных уравнений тепловой конвекции, имеет вид

$$\frac{z_m^{n+1} - z_m^n}{\tau} + \left(\pi^n - \frac{\tau}{\varepsilon} \operatorname{div}_h \bar{z}^n\right)_{x_m} = \Delta_h z_m^{n+1} + \frac{\delta\tau}{2\varepsilon} (z_{m,x_m}^{n+1} - z_{m,x_m}^n)_{\bar{x}_m} + \frac{Gr g_m}{|\bar{g}|} T^{n+1} \quad (8)$$

$$\varepsilon \frac{\pi^{n+1} - \pi^n}{\tau} + \operatorname{div}_h \bar{z}^{n+1} = 0, \quad (9)$$

$$\frac{T^{n+1} - T^n}{\tau} = \frac{1}{Pr} \Delta_h T^{n+1}, \quad (10)$$

где  $\bar{u}$ ,  $p$ ,  $\theta$  и  $\bar{u}^n$ ,  $p^n$ ,  $\theta^n$  - решения, соответственно, линейных задач (1)-(3) и (4)-(6),  $\bar{z}^n = \bar{u}^n - \bar{u}$ ,  $\pi^n = p^n - p$ ,  $T^n = \theta^n - \theta$ .

**Теорема 2.**

Если  $\delta > 2N$ , то линейный итерационный алгоритм (4)-(6) сходится к решению линейной задачи (1)-(3), при этом имеет место оценка

$$S^{n+1} + \|\bar{z}^{n+1} - \bar{z}^n\|^2 + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \|\operatorname{div}_h \bar{z}^n\|^2 + 2\tau \left(1 - \frac{Gr \varepsilon_1}{\delta_0}\right) \|\nabla_h \bar{z}^{n+1}\|^2 + \frac{\tau^2}{2\varepsilon} (\delta - 2N) \times \quad (11)$$

$$\times \sum_m^N \|z_{m,x_m}^{n+1} - z_{m,x_m}^n\|^2 + \beta \|T^{n+1} - T^n\|^2 + \tau \left(\beta \frac{2}{Pr} - \frac{Gr}{2\varepsilon_1 \delta_0}\right) \|\nabla_h T^{n+1}\|^2 \leq S^n,$$

где  $S^n = \|\bar{z}^n\|^2 + \varepsilon \|\pi^n\|^2 + \frac{\delta\tau^2}{2\varepsilon} \sum_m^N \|z_{m,x_m}^n\|^2 + \beta \|T^n\|^2$ ,  $\varepsilon_1 > 0$ ,  $\beta > 0$  и  $\delta_0$  - минимальное

собственное число разностного оператора Лапласа.

**Доказательство:**

Умножая (8) на  $2\tau z_m^{n+1}$ , просуммируем по  $m = \overline{1, N}$  и по внутренним узлам сетки получим

$$\begin{aligned} & \|\bar{z}^{n+1}\|^2 + \|\bar{z}^{n+1} - \bar{z}^n\|^2 - \|\bar{z}^n\|^2 - 2\tau \left(\pi^n - \frac{\tau}{\varepsilon} \operatorname{div}_h \bar{z}^n, \operatorname{div}_h \bar{z}^{n+1}\right) = \\ & = -2\tau \|\nabla_h \bar{z}^{n+1}\|^2 - \frac{\delta\tau^2}{2\varepsilon} \sum_m^N \left(\|z_{m,x_m}^{n+1}\|^2 + \|z_{m,x_m}^{n+1} - z_{m,x_m}^n\|^2 - \|z_{m,x_m}^n\|^2\right) + \\ & + \frac{2\tau Gr}{|\bar{g}|} (\bar{g} T^{n+1}, \bar{z}^{n+1}). \end{aligned}$$

Отсюда, проведя аналогичные преобразования, и оценки, примененные при доказательстве теоремы 1, имеем

$$\begin{aligned} & \|\bar{z}^{n+1}\|^2 + \|\bar{z}^{n+1} - \bar{z}^n\|^2 + \varepsilon \|\pi^{n+1}\|^2 + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \|\operatorname{div}_h \bar{z}^n\|^2 + 2\tau \left(1 - \frac{Gr \varepsilon_1}{\delta_0}\right) \|\nabla_h \bar{z}^{n+1}\|^2 + \\ & + \frac{\delta\tau^2}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|z_{m,x_m}^{n+1}\|^2 + \frac{\tau^2}{2\varepsilon} (\delta - 2N) \sum_{m=1}^N \|z_{m,x_m}^{n+1} - z_{m,x_m}^n\|^2 \leq \|\bar{z}^n\|^2 + \varepsilon \|\pi^n\|^2 + \\ & + \frac{\delta\tau^2}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|z_{m,x_m}^n\|^2 + \frac{\tau Gr}{2\varepsilon_1 \delta_0} \|\nabla_h T^{n+1}\|^2, \end{aligned}$$

где  $\varepsilon_1$  - произвольное положительное число.

Умножая обе части (10) на  $2\tau T^{n+1}$ , получим

$$\|T^{n+1}\|^2 + \|T^{n+1} - T^n\|^2 - \|T^n\|^2 = -\frac{2\tau}{Pr} \|\nabla_h T^{n+1}\|^2.$$

Умножая это равенство на положительное число  $\beta$  и прибавляя к предыдущему его неравенст-

ву, получим оценку

$$\begin{aligned} & \|\bar{z}^{n+1}\|^2 + \|\bar{z}^{n+1} - \bar{z}^n\|^2 + \varepsilon \|\pi^{n+1}\|^2 + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \|\operatorname{div}_h \bar{z}^n\|^2 + 2\tau \left(1 - \frac{Gr \varepsilon_1}{\delta_0}\right) \|\nabla_h \bar{z}^{n+1}\|^2 + \\ & + \frac{\delta\tau^2}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|z_{m,x_m}^{n+1}\|^2 + \frac{\tau^2}{2\varepsilon} (\delta - 2N) \sum_{m=1}^N \|z_{m,x_m}^{n+1} - z_{m,x_m}^n\|^2 + \beta \left(\|T^{n+1}\|^2 + \|T^{n+1} - T^n\|^2\right) + \\ & + \frac{2\tau}{Pr} \left(\beta - \frac{Ra}{4\varepsilon_1\delta_0}\right) \|\nabla_h T^{n+1}\|^2 \leq \|\bar{z}^n\|^2 + \varepsilon \|\pi^n\|^2 + \frac{\delta\tau^2}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|z_{m,x_m}^n\|^2 + \beta \|T^n\|^2. \end{aligned}$$

Введя обозначение

$$S^n = \|\bar{z}^n\|^2 + \varepsilon \|\pi^n\|^2 + \frac{\delta\tau^2}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|z_{m,x_m}^n\|^2 + \beta \|T^n\|^2,$$

имеем

$$\begin{aligned} & S^{n+1} + \|\bar{z}^{n+1} - \bar{z}^n\|^2 + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \|\operatorname{div}_h \bar{z}^n\|^2 + 2\tau \left(1 - \frac{Gr \varepsilon_1}{\delta_0}\right) \|\nabla_h \bar{z}^{n+1}\|^2 + \frac{\tau^2}{2\varepsilon} (\delta - 2N) \times \\ & \times \sum_{m=1}^N \|z_{m,x_m}^{n+1} - z_{m,x_m}^n\|^2 + \beta \|T^{n+1} - T^n\|^2 + \frac{2\tau}{Pr} \left(\beta - \frac{Ra}{4\varepsilon_1\delta_0}\right) \|\nabla_h T^{n+1}\|^2 \leq S^n. \end{aligned} \quad (12)$$

Оценка (11) доказана.

Так как  $\varepsilon_1$  и  $\beta$  - произвольные положительные числа, а  $\delta - 2N > 0$  по условию теоремы, то из неравенства (12) следует сходимость  $S^n$ .

Тогда из того же неравенства (12) следуют сходимости

$$\begin{aligned} & \|\bar{z}^{n+1} - \bar{z}^n\|^2 \rightarrow 0, \quad \|\operatorname{div}_h \bar{z}^n\|^2 \rightarrow 0, \quad \|\nabla_h \bar{z}^{n+1}\|^2 \rightarrow 0, \quad \sum_{m=1}^N \|z_{m,x_m}^{n+1} - z_{m,x_m}^n\|^2 \rightarrow 0, \\ & \|T^{n+1} - T^n\|^2 \rightarrow 0, \quad \|\nabla_h T^{n+1}\|^2 \rightarrow 0. \end{aligned} \quad (13)$$

Теперь установим сходимость  $\|\pi^n\| \rightarrow 0$ .

Для этого запишем (8) в следующем виде

$$\tau \pi_{x_m}^n = \tau \Delta_h z_m^{n+1} - (z_m^{n+1} - z_m^n) + \frac{\tau^2}{\varepsilon} (\operatorname{div}_h \bar{z}^n)_{x_m} + \frac{\delta\tau^2}{2\varepsilon} (z_{m,x_m}^{n+1} - z_{m,x_m}^n)_{x_m} + \frac{\tau Gr g_m}{|\bar{g}|} T^{n+1}, \quad m = \overline{1, N}.$$

Умножая обе части этого равенства скалярно в  $L_2(D_h)$  на  $\varphi_m$ , где  $\bar{\varphi} \in W_2^1(D_h)$  и суммируя по  $m$  и по  $i, j, k$ , имеем

$$\begin{aligned} & \tau (\operatorname{grad} \pi^n, \bar{\varphi}) = -\tau (\nabla_h \bar{z}^{n+1}, \nabla_h \bar{\varphi}) - (\bar{z}^{n+1} - \bar{z}^n, \bar{\varphi}) - \frac{\tau^2}{\varepsilon} (\operatorname{div}_h \bar{z}^n, \operatorname{div}_h \bar{\varphi}) + \\ & + \frac{\delta\tau^2}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N (z_{m,x_m}^{n+1} - z_{m,x_m}^n, \varphi_{m,x_m}) + \frac{\tau Gr}{|\bar{g}|} (\bar{g} T^{n+1}, \bar{\varphi}). \end{aligned}$$

Далее, проведя аналогичные преобразования и оценки, как в предыдущих случаях, и, учитывая равенство

$$(\operatorname{grad} \pi^n, \bar{\varphi}) = -(\pi^n, \operatorname{div}_h \bar{\varphi}),$$

придем к неравенству

$$\tau |(\pi^n, \operatorname{div}_h \bar{\varphi})| \leq \tau \|\nabla_h \bar{z}^{n+1}\| \|\nabla_h \bar{\varphi}\| + \|\bar{z}^{n+1} - \bar{z}^n\| \|\bar{\varphi}\| + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \|\operatorname{div}_h \bar{z}^n\| \|\operatorname{div}_h \bar{\varphi}\| +$$

$$+ \frac{\delta\tau^2}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|z_{m,x_m}^{n+1} - z_{m,x_m}^n\| \|\varphi_{m,x_m}\| + \frac{\tau Gr}{|\bar{g}|} \|\bar{g} T^{n+1}\| \|\bar{\varphi}\|.$$

Откуда в силу неравенств

$$\|\underline{div}_h \bar{\varphi}\| \leq \|\nabla_h \bar{\varphi}\|, \quad \|\varphi_{m,x_m}\| \leq \sum_{m=1}^N \|\varphi_{m,x_m}\|, \quad \|\bar{\varphi}\| \leq \frac{1}{\sqrt{\delta_0}} \|\nabla \bar{\varphi}\|$$

имеем

$$\begin{aligned} \tau \left( \pi^n, \underline{div}_h \bar{\varphi} \right) &\leq \tau \|\nabla_h \bar{z}^{n+1}\| \|\nabla_h \bar{\varphi}\| + \|\bar{z}^{n+1} - \bar{z}^n\| \|\bar{\varphi}\| + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \|\underline{div}_h \bar{z}^n\| \|\nabla_h \bar{\varphi}\| + \\ &+ \frac{\delta\tau^2}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|z_{m,x_m}^{n+1} - z_{m,x_m}^n\| \|\nabla_h \bar{\varphi}\| + \tau Gr \|T^{n+1}\| \|\bar{\varphi}\|. \end{aligned}$$

Разделив обе части этого неравенства на  $\|\nabla_h \bar{\varphi}\| \cdot \|\bar{\varphi}\|_{W_2^1}^0 \neq 0$ , где  $\|\bar{\varphi}\|_{W_2^1}^0 = \|\nabla_h \bar{\varphi}\| + \|\bar{\varphi}\|$  и учи-

тывая неравенство  $\sum_{m=1}^N \|\varphi_{m,x_m}\| \leq \|\nabla_h \varphi\|$ , получим

$$\sup_{\bar{\varphi} \neq 0} \frac{\tau \left( \pi^n, \underline{div}_h \bar{\varphi} \right)}{\|\nabla_h \bar{\varphi}\|} \leq \tau \|\nabla_h \bar{z}^{n+1}\| + \frac{1}{\sqrt{\delta_0}} \|\bar{z}^{n+1} - \bar{z}^n\| + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \|\underline{div}_h \bar{z}^n\| + \frac{\delta\tau^2}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|z_{m,x_m}^{n+1} - z_{m,x_m}^n\| + \tau Gr \frac{1}{\sqrt{\delta_0}} \|T^{n+1}\|,$$

Если учесть оценку  $\sup_{\bar{\varphi} \neq 0} \frac{\left( \pi^n, \underline{div}_h \bar{\varphi} \right)}{\|\bar{\varphi}\|_{W_2^1}^0} \geq c_0 \|\pi^n\|$ , где постоянное  $c_0$  не зависит от  $\varepsilon, \tau, h$ , то из

последнего неравенства следует, что

$$c_0 \tau \|\pi^n\| \leq \tau \|\nabla_h \bar{z}^{n+1}\| + \|\bar{z}^{n+1} - \bar{z}^n\| + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \|\underline{div}_h \bar{z}^n\| + \frac{\delta\tau^2}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|z_{m,x_m}^{n+1} - z_{m,x_m}^n\| + \tau Gr \|T^{n+1}\|.$$

Возведя обе части последнего неравенства в квадрат и воспользовавшись неравенствами

$$(a_1 + a_2 + \dots + a_n)^2 \leq n(a_1^2 + a_2^2 + \dots + a_n^2), \quad \|T^{n+1}\| \leq \frac{1}{\delta_0} \|\nabla_h T^{n+1}\|$$

имеем

$$\begin{aligned} c_0^2 \tau^2 \|\pi^n\|^2 &\leq 5 \left( 1 + \tau + \frac{\tau^2}{\varepsilon} + \frac{\delta\tau^2}{2\varepsilon} + \tau Gr \right) \left( \tau \|\nabla_h \bar{z}^{n+1}\|^2 + \|\bar{z}^{n+1} - \bar{z}^n\|^2 + \frac{\tau^2}{\varepsilon} \|\underline{div}_h \bar{z}^n\|^2 + \right. \\ &\left. + \frac{\delta^2 \tau^2}{2\varepsilon} \sum_{m=1}^N \|z_{m,x_m}^{n+1} - z_{m,x_m}^n\|^2 + \frac{\tau Gr}{\delta_0} \|\nabla_h T^{n+1}\|^2 \right). \end{aligned}$$

Отсюда в силу (13) получим, что  $\|\pi^n\| \rightarrow 0$ .

Таким образом,  $\|\bar{z}^n\| \rightarrow 0$ ,  $\|T^n\| \rightarrow \infty$  и  $\|\pi^n\| \rightarrow 0$ , то есть сходимость итерации (8)-(10) в  $L_2$ , и тем самым теорема доказана.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бейсебай П.Б., Данаев Н.Т., Мухамедиев Г.Х. О свойствах одной неявной итерационной схемы расщепления для задач тепловой конвекции // Вестник КазНТУ. физико-математические науки – 2012. - №5(93). - С. 207-211.
2. Бейсебай П.Б., Данаев Н.Т. Об одном исследовании разностной схемы для уравнений тепловой конвекции // Материалы международной научно-практической конференции «Информационно-коммуникационные технологии как основной фактор развития инновационного общества». - Усть-Каменогорск, 2007. - С. 7-12.
3. Тарунин Е.Л. Тепловая конвекция в прямоугольной полости, подогреваемой сбоку // Уч. зап. Перм-

ского ун-та. Сб.: Гидродинамика. – 1970. - Вып. 2. - С. 16-24.

4. *Жумагулов Б.Т., Темірбеков Н.М.* Численный метод решения уравнений естественной конвекции в двухсвязной области // Нефть и газ Казахстана. - 1998. № 3. - С. 47-55.

5. *Бахвалов Н.С. и др.* Численные методы решения задач математической физики // Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования. - М.: Наука, 2005. - Т.1: Вычислительная математика. - С. 10-92.

6. *Тарунин Е.Л.* Вычислительный эксперимент в задачах свободной конвекции. - Иркутск: Издательство Иркутского университета, 1990. - 228 с.

7. *Калтаев А.Ж., Урмашев Б.А.* Численное решение одной задачи тепловой конвекции // Вестник КазГУ. Сер. мат., мех., инф. - 2000. - № 1. - С. 162-170.

8. *Бейсебай П.Б., Данаев Н.Т., Мухамедиев Г.Х.* Об одной неявной итерационной схеме численного решения стационарных сеточных уравнений тепловой конвекции // Вестник КазНТУ. физико-математические науки – 2013. - №2(94). – С. 150-155.

#### References

1. *Beisebay P.B., Danaev N.T., Mukhamediyev G.Kh.* O svoistvakh odnoy neyavnoy iteratsionnoy skhemy rasshchepeniya dlya zadach teplovoi konveksii // Vestnik KazNTU. fiziko-matematicheskie nauki – 2012. - №5(93). – S. 207-211.

2. *Beisebay P.B., Danaev N.T.* Ob odnom issledovanii raznostnoy skhemy dlya uravneniy teplovoi konveksii // Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Informatsionno-kommunikatsionnye tekhnologii kak osnovnoy faktor razvitiya innovatsionnogo obshchestva». - Ust-Kamenogorsk, 2007. - P. 7-12.

3. *Tarunin E.L.* Teplovaya konveksiya v pryamougolnoy polosti, podogrevaemoy sboku // Uch. zap. Permskogo un-ta. Sб.: Hidrodinamika. – 1970. - Vyp. 2. - P. 16-24.

4. *Zhumagulov B.T., Temirbekov N.M.* Chislennyy metod resheniya uravneniy estestvennoy konveksii v dvukhsvyaznoy oblasti // Neft i gaz Kazakhstana. - 1998. № 3. - P. 47-55.

5. *Bakhvalov N.S. i dr.* Chislennyye metody resheniya zadach matematicheskoy fiziki // Sovremennyye problemy vychislitelnoy matematiki i matematicheskogo modelirovaniya. - M.: Nauka, 2005. - T.1: Vychislitel'naya matematika. - P. 10-92.

6. *Tarunin E.L.* Vychislitel'nyy eksperiment v zadachakh svobodnoy konveksii. - Irkutsk: Izdatel'stvo Irkutskogo universiteta, 1990. - 228 s.

7. *Kaltaev A.ZH., Urmashov B.A.* Chislennoye reshenie odnoi zadachi teplovoi konveksii // Vestnik KazGU. Ser. mat., mekh., inf. - 2000. - № 1. - P. 162-170.

8. *Beisebay P.B., Danaev N.T., Mukhamediyev G.Kh.* Ob odnoy neyavnoy iteratsionnoy skheme chislennogo resheniya stacionarnykh setochnykh uravneniy teplovoi konveksii // Vestnik KazNTU. fiziko-matematicheskie nauki – 2013. - №2(94). – S. 150-155.

Бейсебай П.Б., Данаев Н.Т., Мухамедиев Г.Х.

**Еркін конвекцияның стационарлық айырымдық тендеулерінің жүйесін сандық шешудің бір алгоритмі.**

**Түйіндеме.** Бұл жұмыста сығылмайтын сұйықтықтың жылу конвекциясының стационарлық айырымдық тендеулерінің жүйесін сандық шешудің айқындалмаған параметрлік итерациялық алгоритмі қарастырылған. Сұлбаның тендеулердің оң жақтарына қатысты орнықтылығы үшін априорлық бағалау алынған және сызықтық жағдайында алгоритмнің жинақтылығы үшін параметрлерге қойылатын шарттар айқындалған.

**Негізгі сөздер:** жылу конвекциясы, сығылмайтын сұйықтық, шекті-айырымдық тор, айырымдық тендеу, айырымдық алгоритм, итерация жинақтылығы

Danaev N.T., Beisebay P.B., Mukhamediyev G.K.

**An algorithm for the numerical solution of the system of difference stationary equations of natural convection.**

**Summary.** In this paper some implicit iterative algorithm with parameters for the numerical solution of the stationary grid equations of thermal convection of an incompressible fluid. A priori estimate of the relative stability of the right-hand sides of the equations in the linear case are revealed on the parameters for the convergence of the algorithm to solve the system.

**Key words:** thermal convection, incompressible fluid, eventual-differential grid, differential equation, differential algorithm, convergence of iteration

УДК 519 711.3

**Б.Г. Муканова, М.Н. Кулбай**  
(Казахский национальный университет имени аль-Фараби,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

**ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ МНОГОМЕРНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ  
ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКА МЕТОДОМ ФУРЬЕ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ  
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**

1. Постановка задачи

Вопросы разрешимости прямых и обратных краевых задач для уравнения параболического типа широко используются для математического моделирования диффузионных процессов [1]-[4]. В отличие от предыдущих работ в данной применяется численная реализация метода разделения переменных для решения системы уравнений, состоящей из прямой и сопряженной задач.

Требуется восстановить пространственную плотность источников тепла  $f(x,y)$  в следующей краевой задаче для уравнения теплопроводности:

$$\begin{cases} u_t = u_{xx} + u_{yy} + f(x,y)g(t), & x \in \Omega = (0,1) \times (0,1), t \in (0,T), \\ u(x,y,0) = 0, \\ u(0,y,t) = 0, \\ u(x,0,t) = 0, \\ u_y(x,1,t) + \mu u(x,1,t) = 0, \\ u_x(1,y,t) + \mu u(1,y,t) = 0, \end{cases} \quad (1)$$

где функция  $g(t) \in L_2[0,T]$  задана, а функция  $f(x,y) \in L_2[0,1] \times [0,1]$  подлежит определению. При этом известна дополнительная информация (финальные измерения температуры):

$$u(x,y,T) = u_1(x,y). \quad (2)$$

В данной работе предлагается использование методики [5] для решения многомерной обратной задачи (1)-(2).

Допустим, что выполнены условия согласования

$$\begin{cases} \frac{du_1}{dx}(0) = 0, \quad \frac{du_1}{dx}(1) + \mu u_1(1) = 0, \\ \frac{du_1}{dy}(0) = 0, \quad \frac{du_1}{dy}(1) + \mu u_1(1) = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Известно [6], что решение краевой задачи (1) при каждом  $f(x,y) \in L_2[0,1] \times [0,1]$  и  $g(t) \in L_2[0,T]$  существует, единственно в классе  $W_2^{2,1}(Q_T)$  и непрерывно зависит от правой части. Будем решать задачу (1)–(3) методом квазирешения [7], а именно: в качестве приближения к функции  $f(x,y)$  используем решение минимизационной задачи:

$$J(f) = \int_0^1 \int_0^1 (u(x, y, T) - u_1(x, y))^2 dx dy + \beta \int_0^1 \int_0^1 f^2(x, y) dx dy \rightarrow \min_{f(x, y)} \quad (4)$$

где  $u(x, y, T)$  есть решение задачи (1) для заданной правой части, взятое при  $t=T$ . Здесь параметр  $\beta > 0$  есть регуляризационный.

## 2. Решение прямой задачи

Для решения задачи (4) на решениях прямой задачи (1)–(3) нам понадобится при каждом  $f(x, y)$  получать ее решение. Один из наиболее точных методов решения линейных задач – метод Фурье, который мы здесь и применим. Опуская технические детали, выпишем формулу для решения прямой задачи, которая будет использована в численных расчетах для синтеза значений  $u_1(x, y) = u(x, y, T)$ :

$$u(x, y, t) = \sum_1^{\infty} \sum_1^{\infty} f_{k,l} \left[ \int_0^t g(s) \exp((\lambda_k^2 + \lambda_l^2)(s-t)) ds \right] \cos(\lambda_k x) \cos(\lambda_l y), \quad (5)$$

где  $\lambda_k, \lambda_l$  являются положительными корнями уравнения:

$$-\lambda_k \sin(\lambda_k) + \mu \cos(\lambda_k) = 0, \quad -\lambda_l \sin(\lambda_l) + \mu \cos(\lambda_l) = 0.$$

## 3. Вариация функционала и «Завязанная задача»

Пусть теперь функция  $v(x, y, t) \in W_2^{2,1}(\bar{Q}_T)$  – некоторая пока произвольно заданная функция и удовлетворяет краевой задаче:

$$\begin{aligned} v_t &= -v_{xx} - v_{yy}, \quad x, y \in (0,1) \times (0,1), t \in (0, T), \\ v(x, y, T) &= 2(u(x, y, T) - u_1(x, y)), \\ v(0, y, t) &= 0, \\ v(x, 0, t) &= 0, \\ v_x(1, y, t) + \mu v(1, y, t) &= 0, \\ v_y(x, 1, t) + \mu v(x, 1, t) &= 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Пусть функция  $f(x, y)$  такова, что

$$f(x, y) = -\frac{1}{2\beta} \int_0^T v(x, y, s) g(s) ds \quad (7)$$

Аналогично [3] выписывая вариацию функционала  $J$ , убеждаемся что вариация функционала будет равняться нулю для таких функций  $f(x, y)$ . Это означает, что решение рассматриваемой ниже связанной системы уравнений будет удовлетворять необходимому условию минимума функционала-равенству нулю первой вариации:

$$\begin{cases} u_t = u_{xx} + u_{yy} - \frac{g(t)}{2\beta} \int_0^T v(x, y, s) g(s) ds, \\ v_t = -v_{xx} - v_{yy}, \quad x \in \Omega = (0,1) \times (0,1), t \in (0, T), \end{cases}$$

$$\begin{aligned} u(x, y, 0) &= 0, \\ v(x, y, T) &= 2(u(x, y, T) - u_1(x, y)), \\ u(x, 0, t) &= 0, \\ u(0, y, t) &= 0, \\ u_x(1, y, t) + \mu u(1, y, t) &= 0, \\ u_y(x, 1, t) + \mu u(x, 1, t) &= 0, \\ v(0, y, t) &= 0, \\ v(x, 0, t) &= 0, \\ v_x(1, y, t) + \mu v(1, y, t) &= 0, \\ v_y(x, 1, t) + \mu v(x, 1, t) &= 0. \end{aligned} \tag{8}$$

Так как задача (1) линейна по отношению к неизвестным функциям  $u(x, y, t)$ ,  $v(x, y, t)$ , применим к ее решению метод Фурье. Представим решение задачи (8) в виде ряда:

$$u(x, y, t) = \sum_1^\infty \sum_1^\infty u_{k,l}(t) X_k(x) Y_l(y) = \sum_1^\infty \sum_1^\infty u_{k,l}(t) \cos(\lambda_k x) \cos(\lambda_l y), \tag{9}$$

$$v(x, y, t) = \sum_1^\infty \sum_1^\infty v_{k,l}(t) X_k(x) Y_l(y) = \sum_1^\infty \sum_1^\infty v_{k,l}(t) \cos(\lambda_k x) \cos(\lambda_l y). \tag{10}$$

Формально подставляем (7) и (9) в уравнения (1) и приравниваем коэффициенты при одинаковых  $k, l$ . Получим следующую краевую задачу при каждом  $k, l$ :

$$\begin{cases} \frac{du_{k,l}}{dt} = -(\lambda_k^2 + \lambda_l^2) u_{k,l} - \frac{g(t)}{2\beta} \int_0^T v_{k,l}(s) g(s) ds, \\ \frac{dv_{k,l}}{dt} = (\lambda_k^2 + \lambda_l^2) v_{k,l}, \end{cases} \tag{11}$$

$$\begin{aligned} u_{k,l}(0) &= 0, \\ v_{k,l}(T) &= 2(u_{k,l}(T) - b_{k,l}), \end{aligned} \tag{12}$$

где  $b_{k,l}$  есть коэффициенты разложения Фурье измеренной функции  $u_1(x, y)$ :

$$\begin{aligned} u_1(x, y) &= \sum_1^\infty \sum_1^\infty b_{k,l} \cos(\lambda_k x) \cos(\lambda_l y), \\ b_{k,l} &= \int_0^1 \int_0^1 u_1(x, y) \cos(\lambda_k x) \cos(\lambda_l y) dx dy / \int_0^1 \int_0^1 \cos^2(\lambda_k x) \cos^2(\lambda_l y) dx dy. \end{aligned} \tag{13}$$

Легко видеть, что функции  $v_{k,l}(t)$  выражаются по формуле:

$$v_{k,l}(t) = v_{k,l}(T) \exp(-(\lambda_k^2 + \lambda_l^2)(T-t)) = 2(u_{k,l}(T) - b_{k,l}) \exp(-(\lambda_k^2 + \lambda_l^2)(T-t)). \quad (14)$$

Введем обозначение:

$$\eta_{k,l} = \int_0^T \exp(-(\lambda_k^2 + \lambda_l^2)(T-s)) g(s) ds. \quad (15)$$

Тогда уравнение для  $u_{k,l}(t)$  может быть записано в виде:

$$\frac{du_{k,l}}{dt} = -(\lambda_k^2 + \lambda_l^2)u_{k,l} - \frac{\eta_{k,l}}{2\beta} v_{k,l}(T) g(t), \quad k=1,2,\dots; l=1,2,\dots \quad (16)$$

Решая обыкновенное дифференциальное уравнение (16), с учетом однородного начального условия, получим выражение для  $u_{k,l}(t)$ ,  $v_{k,l}(t)$  и запишем при  $t=T$ :

$$u_{k,l}(T) = -\frac{\eta_{k,l}}{2\beta} v_{k,l}(T) \left[ \int_0^T g(s) \exp((\lambda_k^2 + \lambda_l^2)(s-T)) ds \right] = -\frac{\eta_{k,l}^2}{2\beta} v_{k,l}(T). \quad (17)$$

$$v_{k,l}(T) = 2(u_{k,l}(T) - b_{k,l}) \exp(-(\lambda_k^2 + \lambda_l^2)(T-t)),$$

что позволяет по формулам (5) приближенно рассчитать  $f(x,y)$ :

$$\begin{aligned} f(x,y) &= -\frac{1}{2\beta} \int_0^T v(x,y,s) g(s) ds \approx -\frac{1}{2\beta} \sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^M \cos(\lambda_k x) \cos(\lambda_l y) \int_0^T v_{k,l}(s) g(s) ds = \\ &= \sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^M \frac{b_{k,l} \cos(\lambda_k x) \cos(\lambda_l y)}{\beta + \eta_{k,l}^2} \int_0^T \exp(-(\lambda_k^2 + \lambda_l^2)(T-s)) g(s) ds = \\ &= \sum_{k=1}^M \sum_{l=1}^M \frac{b_{k,l} \eta_{k,l} \cos(\lambda_k x) \cos(\lambda_l y)}{\beta + \eta_{k,l}^2}. \end{aligned} \quad (18)$$

#### 4. Численные результаты

Исследована точность решения обратной задачи, получаемой по формуле (18) в зависимости от числа гармоник  $M$ , значения  $T$ , параметра  $\beta$ , а также для разных функций  $g(t)$ . Изложенный выше метод был реализован для значений параметра  $\mu=1$  в краевом условии (1).

Рассматривались варианты функцию  $f(x,y)$ , задаваемые следующими аналитическими выражениями:

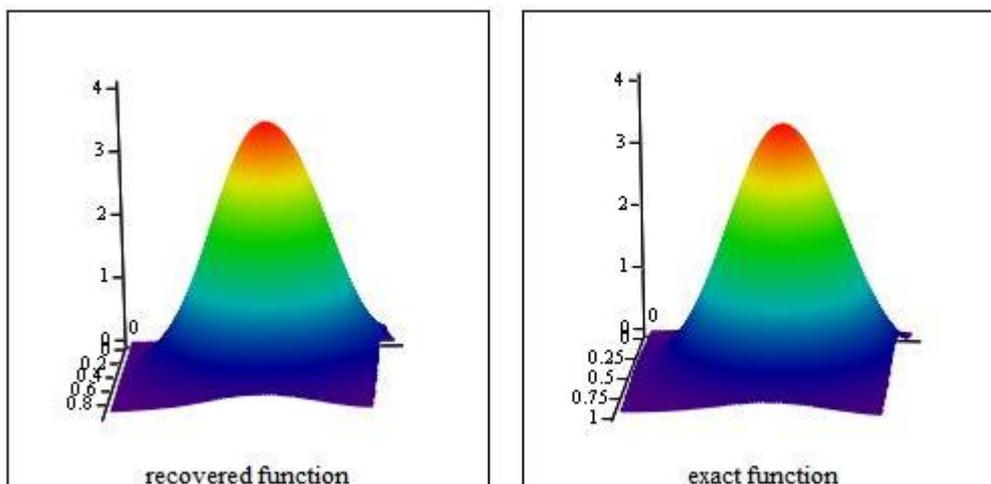
$$f(x,y) = A \sum_{j=0}^4 \exp\left(\frac{-(x-x_j)^2 + (y-y_j)^2}{\delta^2}\right).$$

Относительную ошибку восстановления мы рассчитывали по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\|f_{rec} - f_{exact}\|_2}{\|f_{exact}\|_2}.$$

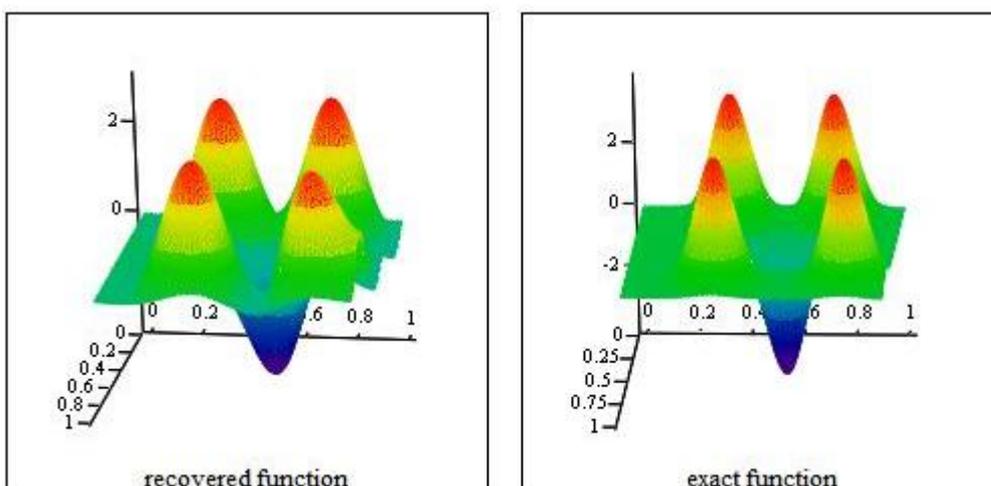
При значениях параметра регуляризации  $\beta=0$ ,  $\beta=1 \times 10^{-7}$ ,  $\beta=1 \times 10^{-8}$ ,  $\beta=1 \times 10^{-9}$  получены наилучшие результаты, а также, когда функция гладкая, качество восстановления для функций  $g(t)$ ,

не обращающихся в нуль, оказалось значительно лучше. На рисунке 1 показан результат расчета при  $T=1$ ,  $\beta=1 \times 10^{-8}$ ,  $g(t)=t^2$ . Аналогичные результаты получаются при  $g(t)=1+t^2$ . Здесь ошибка в норме  $L_2[0,1] \times [0,1]$  при восстановлении составила  $5.426 \times 10^{-3}$ .



**Рис. 1.** Восстановление функции при  $g(t)=t^2$

На рисунке 2 приведен результат расчета при  $T=0.3$ ,  $\beta=1 \times 10^{-8}$ ,  $g(t)=t^2$ . Ошибка в норме  $L_2[0,1] \times [0,1]$  при восстановлении составила 0.072.



**Рис. 2.** Восстановление функции при  $g(t)=t^2$

На рисунке 3 показан результат расчета при  $T=1$ ,  $\beta=1 \times 10^{-10}$ ,  $g(t)=t^2$  и ошибка в норме  $L_2[0,1] \times [0,1]$  при восстановлении составила 0.035.

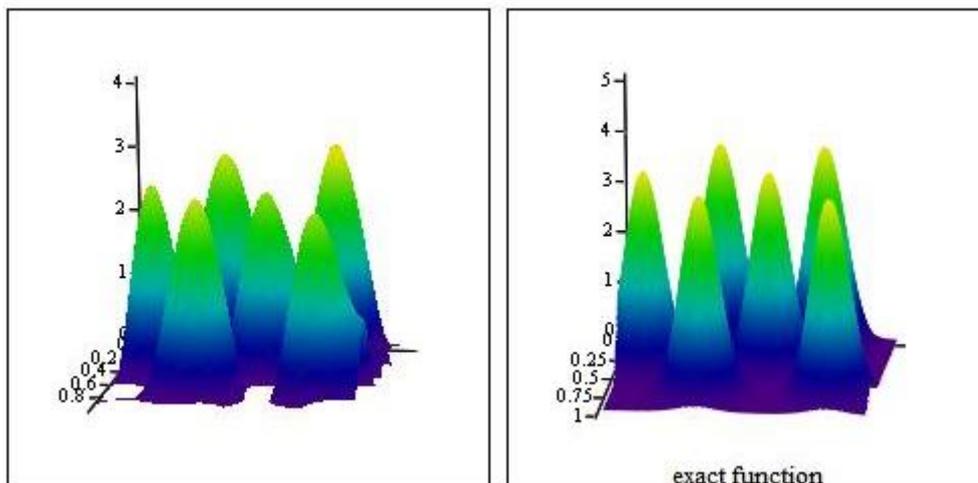


Рис. 3. Восстановление функции при  $g(t) = t^2$

Рассмотрены также случаи со знакопеременной функцией  $g(t) = \sin(6\pi t)$ . Весьма неблагоприятным оказался случай, когда промежуток времени  $T$  между финальным наблюдением и начальным мал. На рисунке 4 приведен результат расчета при  $\beta=0$ ,  $g(t)=\sin(6\pi t)$  и  $T=0,01$ .

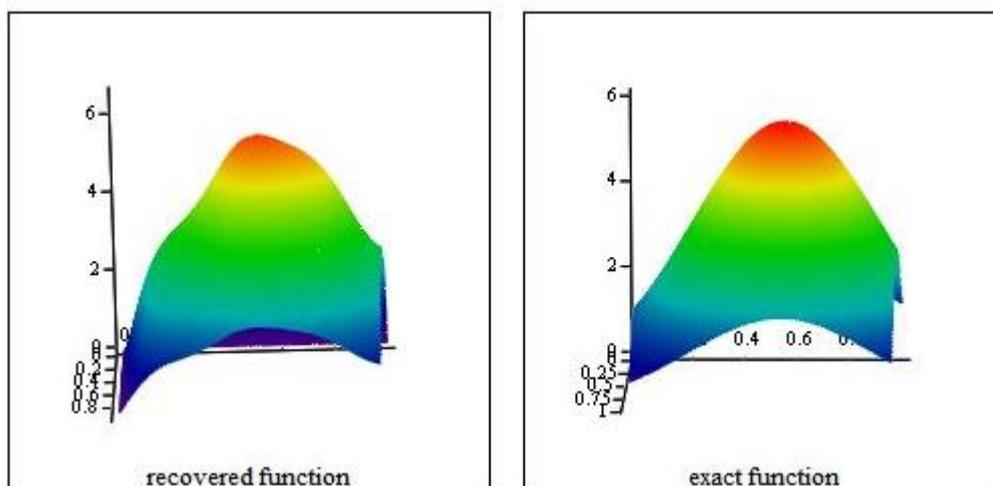
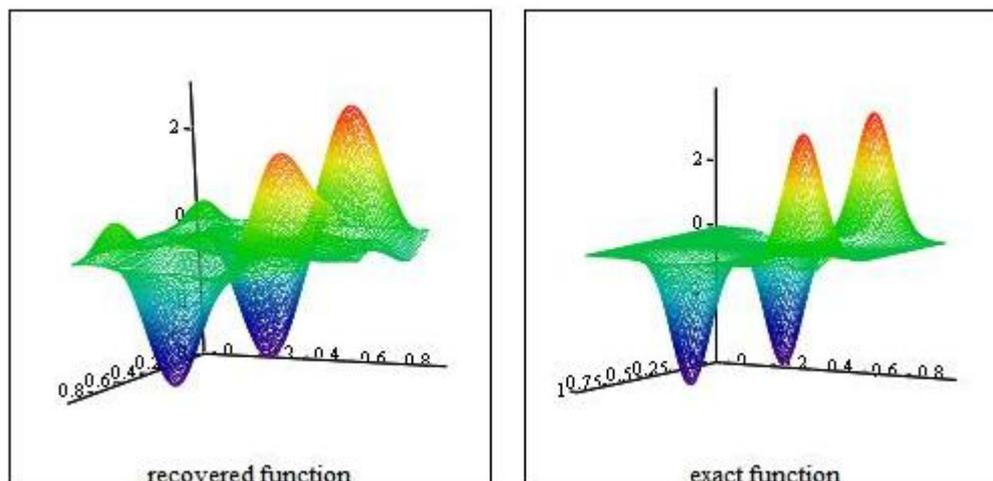


Рис. 4. Восстановление функции при  $g(t) = \sin(6\pi t)$

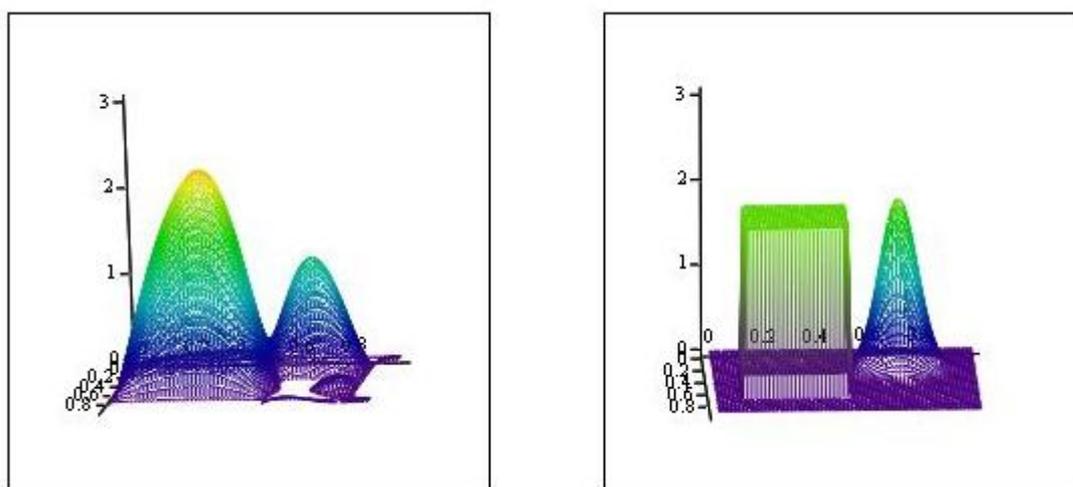
Здесь ошибка в норме  $L_2[0,1] \times [0,1]$  при восстановлении составила 0.029.

На рисунке 5 приведен результат расчета при  $T=0.3$ ,  $\beta=1 \times 10^{-8}$ ,  $g(t)=\sin(7\pi t)$ . Здесь ошибка в норме  $L_2[0,1] \times [0,1]$  при восстановлении составила 0.0584.



**Рис. 5.** Восстановление функции при  $g(t) = \sin(7\pi t)$

На рисунке 6 показаны восстановления разрывных функций. Разрывные функции были восстановлены не наилучшим образом. С помощью численных экспериментов ведется поиск оптимального диапазона свободных параметров, таких как параметр регуляризации, значения финальной температуры, функции источника, которые должны привести к ожидаемым результатам.



**Рис. 6.** Восстановление функции

Таким образом, если исключить из рассмотрения варианты с обращающейся в нуль либо с малой  $g(t)$ , а также варианты с малым значением времени  $T$ , то описанный здесь метод Фурье решения обратной задачи дает достаточно точные результаты и для двумерного случая.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Алифанов О.М. Обратные задачи теплообмена. – М.: Машиностроение, 1988.– 280 с.
2. Бек Дж., Блакуэлл Б., Сент-Клэр Ч. Некорректные обратные задачи теплопроводности. – М.: Мир, 1989. – 309 с.
3. Лионс Ж.Л. Оптимальное управление системами, описываемыми уравнениями с частными производными. – М.: Мир, 1972. – 416 с.
4. Егоров А.И. Об условиях оптимальности в одной задаче управления процессом теплопроводности. // Журн. Вычисл. Математики и мат. Физики. – 1972. – Т.12, №3, – С. 791-799.

5. Муканова Б.Г. Численное решение обратной задачи идентификации источника методом Фурье. Вестник КазНУ, серия математика, механика, информатика, 2011 №3(70), – С.14-22.
6. Larisa Beilina and Michael Klibanov. A globally convergent numerical method for a coefficient inverse problem // SIAM J. Sci. Comput, 2008. – Vol. 31, No.1. – P. 478-509.
7. Иванов В.К. О некорректно поставленных задачах // Матем. сборник, 1963 – Т.61. – №2. – С. 211-223.

Муканова Б.Г., Кулбай М.Н.

**Жылу өткізгіш тендеуі үшін соңғы уақыттағы өлшемдер арқылы жылу көздерін анықтауға арналған кері есептер.**

**Түйіндеме.** Бұл жұмыста жылу өткізгіш тендеуі үшін соңғы уақыттағы өлшемдер арқылы  $f(x,y)$  жылу көздерін анықтауға арналған кері есеп қарастырылған. Тура және түйіндес есептерден тұратын байланысқан есептер үшін Фурье әдісі қолданылған. Бұл жүйе минимум нүктесінде бірінші вариациялы функционалдың нольге тең болатын қажетті шартын қанағаттандырады. Бұл әдістің көмегімен қойылған есептің дұрыс шешілуі үшін бірнеше сандық эксперименттер жасалынып регуляризатор параметрінің эмпирикалық мәні анықталды.

**Кілттік сөздер:** кері есеп, квазишешім, сандық әдіс, диффузия, тиімділіктің жеткілікті шарты, Фурье әдісі.

Муканова Б.Г., Кулбай М.Н.

**Численный метод решения многомерной обратной задачи идентификации источника методом Фурье для уравнения теплопроводности.**

**Резюме.** Рассматривается обратная задача восстановления пространственной плотности источников тепла  $f(x,y)$  в краевой задаче для уравнения теплопроводности. Численно реализован метод Фурье для связанной системы уравнений, состоящей из прямой и сопряженной задач. Данная система выражает необходимое условие равенства нулю первой вариации функционала в точке минимума. Этот метод позволил нам реализовать большое количество численных примеров и установить эмпирические значения параметра регуляризации, при котором задача может быть успешно решена.

**Ключевые слова:** обратная задача, квазирешение, численный метод, диффузия, необходимые условия оптимальности, метод Фурье.

Mukanova B., Kulbay M.

**Digital method of the decision of multidimensional inverse problem of the indentation of the source by Fourier method for the control of thermal conductivity.**

**Summary.** A source identification inverse problem for heat transfer equation in the case final observation data is considered. Numerically Fourier method for the connected system of equations consisting of direct and conjugate problems is implemented. This system expresses a necessary condition of equality of the zero first variation of a functionality in a minimum point. This method allowed us to implement a large number of numerical examples and to set empirical parameter for value of regularization in case of which the problem can be successfully decided.

**Key words:** inverse problem, quasisolution, numerical method, diffusion processes, necessary optimality conditions, Fourier method.

**U.A. Tukeyev, Zh.M. Zhumanov, D.R. Rakhimova**  
(Kazakh National University named Al-Farabi, Almaty, Kazakhstan)

**MODELS AND ALGORITHMS OF TRANSLATION OF THE KAZAKH LANGUAGE  
SENTENCES INTO ENGLISH LANGUAGE WITH USE OF LINK GRAMMAR AND THE  
STATISTICAL APPROACH**

**Abstract**

Creation of automated translation tools from Kazakh language into English language and vice versa is one of the most pressing problems in connection with the growing role of Kazakhstan in the international arena. A task of creating automation tools that will increase productivity and speed of translators is in high demand currently.

In this paper we consider a translation system from Kazakh language into English language and vice versa using the link grammar and statistical approach.

**1. Conceptual model of translation**

Analysis of different approaches in the field shows that the highest quality computer translation is obtained using a hybrid approach. When using this approach in computer translation, among other things, the following modules are required:

- Lexical analysis module, carrying out an analysis of words, which make up the sentence to be translated.
- Syntactical parsing module, carrying out the process of sentence analysis for the composition.
- Ambiguous words processing module and phrases, which determines their correct translation depending on the context of use.
- Sentence structures translation module. This module takes into account strict order of words in both languages and allows by description of structure of the input language (Kazakh) to pick up its match in the target language (English).
- Database of translation dictionary for Kazakh and English words used for direct translation from one language to another.

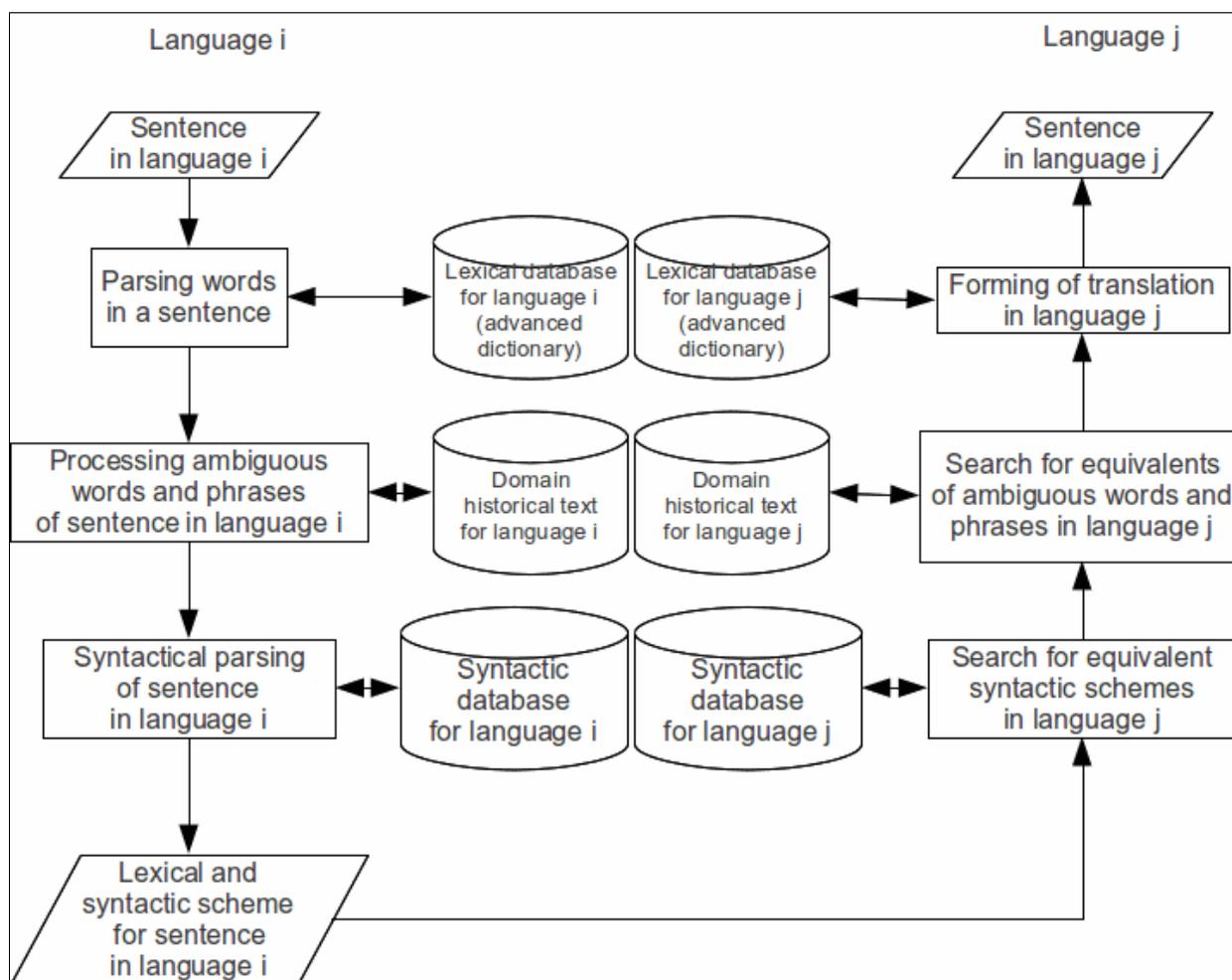
This report provides a detailed description of models and algorithms for syntactical parsing with the link grammar and ambiguous words and phrases processing module based on a statistical approach.

**2. Link grammar**

Link grammar - a theory of syntactical parsing, created by D.Temperley, D. Sleator and J.Lafferty from Carnegie-Mellon University. This grammar defines the links between pairs of words in a sentence, but in contrast to the traditional approach to syntax is not trying to build them into a complete parse tree. The parameters for the grammar are link directions and the distance between the related pairs of words. (Sleator, 1991).

In linguistics, there is a classification of languages based on the typology of word order in sentences. (Dryer, 2005) It is based on the order in which the subject, predicate and direct object are used in sentences. According to this classification there are six possible types of languages:

- SVO — Subject Verb Object
- SOV — Subject Object Verb
- VSO — Verb Subject Object
- VOS — Verb Object Subject
- OSV — Object Subject Verb
- OVS — Object Verb Subject



**Figure 1.** Conceptual diagram of machine translation

Kazakh language belongs to the SOV typology. This means that in most sentences of the Kazakh language subject and object are linked with predicate on the right, and the predicate is linked with subject and with object on the left. The distance between a pair of subject-predicate will be greater than the distance between a pair of object-predicate.

The main element of the link grammar is connector. Connector consists of a type of link (eg, S - subject, O -object, etc.), in which the word being analyzed can participate, and a suffix that defines the direction of connector ("+" right-directional connector and "-" left-directional connector). Left-directional and right-directional connectors form a link. One word can be attributed with a formula of connectors, composed by following ligaments:

& - asymmetric conjunction. For example, if a word W is assigned the formula  $A^+ \& B^+$  ( $W: A^+ \& B^+$ ), then some word X, with which the word W forms a link A, should be used in the text earlier than the word Y, with which the word W forms a link B;

- or - disjunction. If  $W: A^+ \text{ or } B^-$ , then the word W can form a link A to the right or link B to the left.

- {} - optional. If  $W: A^+ \& \{B^+\}$ , then, after the word W formed the right link A, it can form or not form a link B.

- @ - unlimited means that the link can be build an unlimited number of times.

For multidirectional connectors conjunction is symmetric: the formulas  $W: A^- \& B^+$  and  $W: B^+ \& A^-$  are equivalent.

### 3. Analysis of the Kazakh language sentences using link grammar

Analysis of the sentence using link grammar is best explained by example. Let us take the sentence: «Марат жаңа кино көрді». For this sentence following rules of links construction can be made:

<subject>: S+;  
 <adjective>: A+;  
 <object>: A- & O+;  
 <verb>: S- & O-;

They mean that the sentences of this type the element <subject> can have one link of type S, directed to the right, <object> can have one link of type A to the left and one link of type O to the right, etc.

The result of parsing the sentence is shown below:

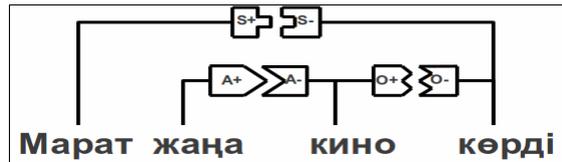


Figure 2. Parsing results

### 4. Algorithm of link grammar development for the Kazakh language

Architecture of link grammar parser is simple. It consists of a grammar file describing the words of the analyzed language and the analyzer. Often the grammar file is divided into several files for ease of maintenance. The analyzer is currently being developed under the Open Source text editor AbiWord project. It's available under an open license. However, the project team supports the development of grammar file only for the English language. Thus, the main task for implementing of link grammar in other languages is a formalization of grammatical language model and its representation in the format used in link grammar.

Developing of link grammar for the new language includes the following steps (Dehdari):

- Installation and configuration of link grammar parser;
- Creation of grammatical file for a new language;
- Expansion and debugging grammatical information in the file.

An example of an elementary grammar file for the Kazakh language, that is responsible for parsing the sentence «Адамдар жазады» is presented below.

"адамдар.nnp" "аттар.nnp": S+;  
 "жазады.vb" "барады.vb": S- & {W-};  
 LEFT-WALL: W+;

The big problem when you create grammatical dictionaries for languages with complex morphology, is consideration of all possible word forms. This is especially critical in the Kazakh language, which is an agglutinative language. Link grammar is not intended for morphological analysis. When creating an implementation for the Kazakh language morphological analyzers should be used in stages of development and expansion of grammar file.

The use of morphological analyzer in addition to accelerating the process of creating a file can also add a description of the words with grammatical labels (tags). They are given immediately after the words in the grammar file and are separated by a dot. This increases the potential for further application of the developed link grammar parser in the future in various fields of natural language processing. For example, in solving the problem of machine translation.

In addition to using the morphological analyzer to facilitate the creation of grammar file, methods of Corpus Linguistics can be used. In the initial stage dictionary is best to be filled with words that have greatest frequency of use in the language. To do this, statistical analysis of language's linguistic corpus can be applied if available. Creating such a corpus is not a task of link grammar implementation. Although its presence can significantly improve the quality.

Taking into account the above features developing a new link grammar parser is not a difficult task. However, number of requirements can be added:

- Compliance with projectivity condition: the links between words should not be crossed. The correct result is considered in which the lines indicating the links between words, do not intersect.

- Compliance with connectedness condition: Parced sentence should not have isolated words or word groups.

- Compliance with completeness condition: as a result of parsing each word in a sentence should use all the link conditions with disjunctions and conjunctions.

Quite likely a situation where one sentence can have several options for analysis. In general, all of these options can be considered equivalent for ease of implementation the first found correct version of the analysis can be considered as a result. In those rare situations where the options cannot be considered equivalent, it makes sense to develop its own version of the link grammar parser with these additional requirements.

### **5. Development of parsing with link grammar**

As stated above, the main element of link grammar is a connector. For the Kazakh language the following list of connectors was compiled:

A link defining word - defined word

AA link defining word - defined word when defined word is defining itself

S link subject - predicate

O link complement - predicate

P link circumstance - predicate

N link between a word and a negative particle

Q link between a word and an interrogative particle

F link with the word үшін

VV link auxiliary verb - verb

C link with a union

AS superlative (өте, ең)

E link between uniform sentence parts

W link with supporting words

With the use of these connectors grammatical file for parsing the Kazakh language can be made. Usage of sentences with standard grammatical structure is simplest way to produce a grammatical file . With this approach, it is possible to automate the filling of the grammatical file based on the premise that words with identical grammatical features play the same role in sentences with the same structure. For example nouns and pronouns in the nominative case, in most cases, are subject of a sentence and have the same set of connectors.

Here are a few examples. The sentence «Интернет мыңдаған корпоративті, үкіметтік, ғылыми және үй желілерінен құралған». Grammar file for parsing it will be the following:

«интернет»: {@A-} & S+ ;

«мыңдаған»: AA+ ;

«корпоративті» «үкіметтік» «ғылыми»: {@AA-} & {C-} & {C+} & A+ ;

«жане»: C- & C+;

«желілерінен» «болмайды»: {@A-} & O+ ;

«құралған»: {@O-} & S- ;

The sentence «Интернет — компьютерлік серверлердің бүкіләлемдік желісі». Grammar file for parsing it will be the following:

«интернет»: {@A-} & S+ ;

«компьютерлік»: {A+} & {AA+} ;

«серверлердің»: {AA-} & A+ ;

«бүкіләлемдік»: A+ ;

«желісі»: {A-} & S- ;

Thus, syntactical parsing is modeled using the grammar links.

### **6. Methods of statistical machine translation**

Statistical machine translation - is an approach to solving the problem of machine translation, where translation is based on statistical models. The parameters of these models are determined by analysis of bi-

lingual parallel corpora. The idea of statistical machine translation was suggested by William Weaver in 1949. This approach has been “born again” in 1991 by members of one of the research centers of IBM. Currently, it is one of the most proven methods of machine translation. (Manning, 1999)

Let us represent the main points of this approach.  $P(k)$  - the probability that the translation software will be presented with a sentence  $k$ .  $P(e|k)$  - conditional probability - the probability that the sentence in the target language  $e$  corresponds to the sentence in the input language  $k$ .

Assume that the translation software is given a sentence  $k$  in the Kazakh language. The program's objective - to find such a sentence in English  $e$  that maximizes  $P(e|k)$ . Found sentence is usually called the most likely translation. Then it will be denoted by  $e'$ . With this in mind, we can write:

$$e' = \arg \max_e P(e|k) \quad (1)$$

Using Bayes formula:

$$P(e|k) = \frac{P(e)P(k|e)}{P(k)}, \quad (2)$$

we get:

$$e' = \arg \max_e P(e)P(k|e) \quad (3)$$

Component  $P(e)$  is called a model of language. In practice, it is determined by frequency of sentence  $e$  use in the language and designed to "control" the correctness of this sentence. Sentences from the wrong grammatical structure and semantics used in the questionable language, as a rule, are vanishingly rare. Consequently, the probability of use of such sentences will be very small.

Component  $P(k|e)$  is called a model of translation. It shows the probability that the sentence  $k$  and  $e$  in different languages correspond to each other.

Given that in natural languages, there are valid suggestions, which may differ very slightly (e.g. with genus or number of its members) is more efficient for software to analyze not complete sentences, but groups of words from which they are composed. This is done by assuming that the correct sentence consists of the correct phrases.

Group consisting of  $n$  words is called  $n$ -gram. By analogy, a group consisting of 1 word is called unigram, 2 - bigram, 3 - trigram. Thus, it has one of the fundamental propositions of the statistical approach - if the current sentence consists of valid  $n$ -grams, it is likely that it is correct.

For the model of bigrams can be offered:  $P(y|x)$  - conditional bigram probability - the probability that the word « $y$ » follows the word « $x$ ». This probability is defined as follows: the number of occurrences of the group « $xy$ » divided by the total number of occurrences of the word « $x$ ».

In constructing the language model, the probability  $P(k)$  is defined as follows:

$$P(k = \text{Бала кинода отыр}) = P(\text{Бала} / \text{sent .beg .}) \cdot P(\text{кинода} / \text{Бала}) \cdot P(\text{отыр} / \text{кинода}) \cdot P(\text{sent .end} / \text{отыр}) \quad (4)$$

There was widespread use of trigrams model:  $P(z|xy) =$  number of occurrences of the group « $xyz$ » divided by the number of uses of « $xy$ ».

$$P(k = \text{Бала кинода отыр}) = P(\text{Бала} / \text{sent .beg .sent .beg}) \cdot P(\text{кинода} / \text{sent .beg .Бала}) \cdot P(\text{отыр} / \text{Бала кинода}) \cdot P(\text{sent .end .} / \text{кинода отыр}) \cdot P(\text{sent .end .sent .end} / \text{отыр}) \quad (5)$$

To determine the translation model,  $P(k|e)$ , the model of the trigrams is also used. In a parallel aligned corpus, consisting of trigrams, multi-step analysis is conduct, at each stage of which the correspondence between elements of the trigrams in different languages is successively determined and these correspondences are assigned probabilities. (Knight, 1999; Callison-Burch Chris, 2005)

The main difficulty in applying the statistical approach is the need to use a parallel bilingual linguistic corpus and, sometimes, corpus for each of the involved languages. The task of creating such corpora is far enough from the problem and has its own characteristics. In the event that there are no ready-made developments in the field of linguistics corpus for those involved in translation of languages, the use of a statistical approach to machine translation becomes inefficient.

One of the advantages of the statistical approach is that it allows to deal with the problem of ambiguous words. As can be seen from the above overview, the application of a statistical approach, each ambiguous word is associated with not literal translation, but with most likely one, which is determined on the basis of corpus linguistic features used. If instead of a parallel corpus to make a domain historical text from the sentences in which the ambiguous words used in different contexts, and to modify the described mathematical model, the resulting model will solve the problem of translation of ambiguous words.

The task of compiling domain historical text, whose sentences contain ambiguous words, seems more simple in the sense that in this case it is easier to control its quality (representativeness, balance of topics, genres, etc.). Also decrease and the volume of requirements to the text in comparison with the corpus.

### **7.A mathematical model of ambiguous words and phrases translation**

Let  $x$  be ambiguous word in the Kazakh language,  $y$  - its English translation (depending on the context),  $P(y|x)$  - the probability that  $y$  is the translation of  $x$  in this context. As pointed out in (Melby, 2010), there are 5 types of context: co-text, rel-text, chron-text, bi-text, and non-text. For this problem comes up co-text - the words of the sentence directly related to the ambiguous word  $x$ . Related word ( $z$ ) can both precede  $x$ , and be after it. Necessary to consider two cases:  $P(y|zx)$  -  $y$  is a translation of  $x$  in the context of the «zx»; and  $P(y|xz)$  -  $y$  is a translation of  $x$  in the context of the «xz». (Note:  $x$  and  $z$  - the words of the Kazakh language,  $y$  - a word of English).

By analogy with (3) we obtain:

$$y' = \operatorname{argmax} P(y|zx) = \operatorname{argmax} P(y) P(zx|y)$$

$$y' = \operatorname{argmax} P(y|xz) = \operatorname{argmax} P(y) P(xz|y)$$

where,  $y'$  - the required translation of ambiguous word  $x$ .

$P(y)$  - reflects how correct the word is in English. Since initially all the translations of ambiguous word are known (taken from the dictionary), then  $P(y)$  is always equal to 1. Choosing the correct value of  $y'$  in this case depends on  $P(zx|y)$  or  $P(xz|y)$ . These values are defined as follows: the number of sentences with  $y$  in the English part of the historical text is divided by the number of sentences related to them in the Kazakh part of the historical text and contain the group  $zx$  or  $xz$ . In the case when the context of use of  $x$  depends on the words in front of it (in the case  $zx$ ), the expression  $P(xz|y)$  will be very little. When the context of the use of  $x$  depends on words, standing after it (the case of  $xz$ ), the expression  $P(zx|y)$  will be very little.

### **8.The algorithm for determining of ambiguous words meaning**

The model described by the following algorithm of determining the meaning of ambiguous words by the domain historical text of the Kazakh and English languages:

- 1 Using a dictionary define all possible translations of  $x$ .
- 2 For each of the defined translation, by examining historical text, calculate the values of  $P(zx|y)$  and  $P(xz|y)$ .
- 3 For translation of the word  $x$ , corresponding to a given context take the value  $y$ , that maximizes the probability, calculated in the previous step.
- 4 case in which all the calculated probabilities are equal to 0, indicates the incompleteness of the historical text. In this case, as the most likely translation takes the value  $y$ , which is often used in English-language historical text, together with  $x$ .
- 5 If some of the translations have the same probability, then take the most common in the historical text from them, together with  $x$  without regard to context.

The last two cases are possible when historical text does not have all possible options for the use of  $x$ . In handling such exceptions must include the fixing of these events to further supplement the historical text.

At the time this article described the model was tested on domain historical text of about 500 sentences in each language, which describes the 30 ambiguous words.

## 9. Conclusion

In this paper we consider a system of machine translation from the Kazakh language into English language and vice versa using link grammar and statistical approach. The models and algorithms for the implementation of link grammar and statistical approach to machine translation. Link grammar is used to syntactically parse sentences and was originally developed for English. A model for its implementation for the Kazakh language and the detailed algorithm of this implementation has been developed in this work. A statistical approach to machine translation in its classic form is not applicable to the Kazakh language, as it does not have the necessary groundwork in the field of corpus linguistics. The paper presents a model for translating ambiguous words based on the classical statistical approach.

The developed models and algorithms were implemented in a program of machine translation. A system of expert assessment of its quality. This result indicates that the quality of this implementation is quite high and the average is 80.4% with a standard deviation of 10.1%. Analysis of the components of the evaluation shows that the further improvement of the results of the program should be linked to further work on the parser and precise meaning in translation. The first problem will be solved by further improving the link grammar. The second problem requires the development of statistical methods for the Kazakh language and the development of semantic models.

## REFERENCES

1. Sleator Daniel and Davy Temperley. 1991. Parsing English with a Link Grammar. Carnegie Mellon University Computer Science technical report CMU-CS-91-196.
2. Rakhimova D., Zhumanov Zh., Quality Evaluation of the Machine Translation Systems// Varia Informatica PTI. Poland. 2011-P.129-146.
3. Dryer Matthew S., 2005. Order of Subject, Object, and Verb. TWAC.
4. Dehdari Jon. A Primer for Localizing Link Grammar. <http://www.ling.ohio-state.edu/~jonsafari/link-grammar/primer.html>
5. Manning, Christopher D. & Hinrich Schütze. 1999. Foundations of Statistical Natural Language Processing. Cambridge, MA: MIT Press.
6. Paakki, J. Attribute Grammar Paradigms - A High-Level Methodology in Language Implementation, ACM Computing Surveys, 27(2), 1995 c. 196-255.
7. Fillmore, Charles J. The Case for Case. In Bach and Harms (Ed.): Universals in Linguistic Theory. New York, 1968 c. 1-88.
8. Knight Kevin. 1999. A Statistical MT Tutorial Workbook JHU summer workshop.
9. Callison-Burch Chris, Philipp Koehn. 2005. Introduction to Statistical Machine Translation. ESSLI 2005.
10. Melby Alan K., Christopher Foster. 2010. Context in translation: Definition, access and teamwork The International Journal for Translation & Interpreting Research Vol 2.

Тукеев У.А., Жуманов Ж.М., Рахимова Д.Р.

**Байланыс грамматикасы мен статистикалық тәсілді қолданып, қазақ тілінен ағылшын тіліне сөйлемдер аудармасының моделдері мен алгоритмдері.**

**Түйіндеме.** Осы мақалада авторлар байланыс грамматикасы және статистикалық тәсілді қолданып, қазақ тілінен ағылшын тіліне және керісінше машиналық аударма жүйелерін қарастырды. Байланыс грамматикасы мен статистикалық тәсілді машиналық аудармасында іске асыру моделдері мен алгоритмдері ұсынылған. Бастапқыдан байланыс грамматикасы ағылшын тілінің синтаксистік талдауы үшін ұсынылған әдіс. Қазақ тілі үшін машиналық аудармасындағы байланыс грамматикасын қолдану үлгісі және іске асырудың толық алгоритмі бұл жұмыста келтірілген. Классикалық статистикалық тәсілді негізінде көп мағыналы (омонимдер) сөздер аудармасы үшін қолданылған. Тәжірибелік мысалдар келтірілген. Бейнеленген моделдер мен алгоритмдер машиналық аудармасының бағдарламасында жүзеге асырылды.

**Кілтті сөздер:** машиналық аударма, моделдер, синтаксистік талдау, қазақ тілі, ағылшын тілі, байланыс грамматикасы, статистикалық тәсіл.

Тукеев У.А., Жуманов Ж.М., Рахимова Д.Р.

**Модели и алгоритмы перевода предложений с казахского на английский язык с использованием грамматики связи и статистического подхода.**

Рассматривается система машинного перевода казахского на английский язык и наоборот с использованием грамматики связи и статистического подхода. Представлены модели и алгоритмы реализации машинного перевода с применением данных методов. Грамматика связи изначально была разработана для английского языка и используется для синтаксического анализа предложения. Модель реализации грамматики связи в машинном

переводе для казахского языка и подробный алгоритм реализации проиллюстрирован в этой работе. А так же в статье представлена модель для перевода многозначных слов на основе классического статистического подхода. Разработанные модели и алгоритмы были реализованы в программе машинного перевода

Ключевые слова: машинный перевод, модели, синтаксический анализ, казахский язык, английский язык, грамматика связи, статистический подход.

Tukeyev U.A., Zhumanov Zh.M., Rakhimova D.R.

**Models and algorithms of translation of the Kazakh language sentences into English language with use of link grammar and the statistical approach.**

**Summary.** In this paper we consider a system of machine translation from the Kazakh language into English language and vice versa using link grammar and statistical approach. The models and algorithms for the implementation of link grammar and statistical approach to machine translation. Link grammar is used to syntactically parse sentences and was originally developed for English. A model for its implementation for the Kazakh language and the detailed algorithm of this implementation has been developed in this work. The paper presents a model for translating ambiguous words based on the classical statistical approach. The developed models and algorithms were implemented in a program of machine translation

**Key words:** machine translation, models, parsing, Kazakh language, English language, link grammar, statistical approach.

**Г.С. Омарбаева**

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕНОМЕНА МЕТАФОРЫ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**

**Аннотация.** Научный интерес к метафоре как компоненту речевого произведения выявляет новые пути исследования функционирования метафоры, являющейся компонентом концептуальной системы любого языка. Изучение перевода как особого речемыслительного процесса, нацеленного на понимание и реконструкцию авторского смысла вообще и метафорического в частности, позволяет выявить новые аспекты проблемы понимания метафорического смысла текста. В работе изучаются сущностные свойства когнитивной метафорической структуры, которая верифицирует функциональную динамическую синергетическую метафорическую структуру в концептуальной системе автора, создающего переводческие модели/стратегии понимания смысла метафоры.

В современном языкознании интегрируются три парадигмы - психолингвистическая, когнитивная и синергетическая. Это позволяет обнаруживать общие свойства у систем, обладающих «генетической и функциональной самостоятельностью, но в норме функционирующих в единстве» [Герман, Пищальникова, 1999 [1]. Для решения многих дискуссионных вопросов, связанных с проблемой понимания текста, речевого произведения, коррелятами в которых выступают элементы нейрофизиологических, ментальных и речевых процессов.

Психолингвистика, когнитивная лингвистика как за рубежом, так и в варианте программы когнитивных исследований отечественных ученых, подчеркивает изучение лингвосинергетики текста и в течение последних лет развивается особенно быстро и параллельно. Ученые считают, что вполне закономерно возникло стремление к объединению этих разных подходов, поскольку обозначилось их внутреннее единство [Пищальникова, 2000, [2].

Научный интерес к метафоре как компоненту речевого произведения выявляет новые пути исследования функционирования метафоры, являющейся компонентом концептуальной системы. Важным моментом выступает изучение перевода как особого речемыслительного процесса, нацеленного на понимание и реконструкцию авторского смысла вообще и метафорического в частности, что позволяет выявить новые аспекты проблемы понимания смысла метафорического компонента текста.

Учеными рассматриваются сущностные свойства когнитивной метафорической структуры (К.И. Алексеев, Н.Д. Арутюнова, В.Н. Базылев, Н.Ф. Крюкова, G. Fauconnier, J. Grady, M. Jonson, G. Lakoff, M. Turner и др.), позволяющей изучить совокупность онтологических свойств данного объекта. Исследователи предлагают верифицировать функциональную динамическую синергетическую

метафорическую структуру в концептуальной системе автора, создающего переводческие модели/стратегии понимания смысла метафоры, проявляющихся в переводных версиях текстов.

Так, переводческие стратегии были выделены в результате организованной рефлексии исследователя в ходе анализа результатов и способов перевода метафоры.

Исследования метафоры основываются на изучении конкретных проявлений метафорической когниции автора и метафор художественного текста. Проблема понимания речевого произведения привлекала к себе еще внимание А.А. Потебни. Творческая активность этого выдающегося лингвиста, как известно, была стимулирована трудами великого философа языка В. фон Гумбольдта. В своих работах А.А. Потебня утверждал, что реальная жизнь слова осуществляется только в речи [Потебня, 1976 [3]]. Слово, по мнению А.А. Потебни, является нерасторжимым единством внешней формы, содержания и внутренней формы. Такое единство представляет собой, как указывает ученый, «пульсирующее образование».

Во взаимодействии отношений между этими тремя компонентами наглядно представлена динамика языка. Динамика языка может рассматриваться как онтологическое свойство языка-феномена. Большой научный интерес к учению А.А. Потебни о внутренней форме слова, которая, по мысли ученого, рождается вместе с пониманием, оказывается в центре внимания различных исследований.

Обратим внимание на то, что внутренняя форма не понимается при восприятии слова, а рождается в процессе понимания. Объективное содержание слова А.А. Потебня называет его «ближайшим этимологическим значением», которое «всегда включает в себе только один признак; другое - субъективное содержание, в котором признаков может быть множество. Первое есть знак, символ, заменяющий для нас второе» [Потебня, 1976 [3]]. Именно первое содержание является, по мнению А.А. Потебни, внутренней формой. Таким образом, внутренняя форма - это конвенция, все остальное в слове - субъективно. Внутренняя форма слова, по его мнению, обладает несколькими функциями: 1) она есть отношение содержания мысли к сознанию; она показывает, как представляется человеку его собственная мысль; 2) внутренняя форма слова «дает направление мысли слушающего, но она дает только способ развития в нем значений, не назначая его пределов понимания слова.

Слово одинаково принадлежит и говорящему, и слушающему, а потому значение его состоит не в том, что оно имеет определенный смысл для говорящего, а в том, что оно способно иметь смысл вообще. Только в силу того, что содержание слова способно расти, слово может быть средством к пониманию другого». Следовательно, слово лишь стимулирует деятельность реципиента, направленную на понимание речевого произведения, задает это направление. Динамический потенциал внутренней формы заключается в порождении гибкости образа, в возбуждении самого разного содержания, а не только того, которое представлялось автору. Таким образом, внутренняя форма - это не этимологический признак, а способ представления мысли. В процессе восприятия текста у реципиента идет собственное, хотя и вторичное, порождение высказывания. Слово, актуализируя мыслительную активность реципиента, не может быть тождественно авторскому пониманию. Благодаря комбинации слов как совокупности конвенциональных знаков реципиент может ориентироваться в представленном автором фрагменте реальности. Происходит соотношение концептуальных систем продуцента и реципиента.

А.А. Потебня справедливо утверждает, что «каждый мыслит своей собственной мыслью ... новый образ в каждой душе застаёт другое сочетание прежних восприятий, другие чувства и в каждой образует другие комбинации». Однако адекватное, но не полностью тождественное понимание речевого произведения возможно. Таким образом, следует отметить, что во-первых исследовать реальное значение слова можно только в речевой деятельности; во-вторых внутренняя форма как способ представления мысли задает характер восприятия и понимания слова, но не задает границ его понимания.

Эти положения чрезвычайно важны при изучении процесса переводческой деятельности – вторичной смыслопорождающей деятельности и ее компонентов. Метафора как компонент речевого произведения порождает поток образов восприятия действительности реципиента и объединяет их на базе актуального для ее продуцента интегративного признака. Метафора стимулирует возможность открытия нового, ранее не осознаваемого смысла для реципиента, который поднимается на новый уровень понимания окружающей действительности. Смысл для реципиента выступает как взаимодействие смыслов речевого произведения и общего содержания его концептуальной системы. Наиболее очевидно эти процессы отражены в метафоризации окружающей действительности.

Рассматривая метафору с лингвосинергетических позиций, полагаем, что ее уникальность состоит в том, что она предполагает сцепление, синтез, бессознательное единение разрозненных, на первый взгляд, образов восприятия окружающей действительности на основе актуального для продуцента интегративного признака. В целом, процесс метафоризации – это, по сути, специфическая концептуализация действительности. Метафора фиксирует неосознанный выбор продуцентом комбинации конвенциональных семиотических единиц, передающей смысл. Компоненты процесса метафоризации часто соединены неосознаваемым признаком, отношением, поэтому представленные в метафоре образы восприятия окружающей действительности комплексны, слитны, синкретичны. Однако продуцент по необходимости представляет их в речевом произведении с помощью отдельных конвенциональных единиц. Метафора – это средство доступа к смыслам продуцента текста, а не просто троп и важный фигурант текста. Это знак, представляющий особую когнитивную структуру - синкретично объединяющую эмоциональную энергию с познавательными структурами иного рода.

Учение А.А. Потебни о внутренней форме слова актуализирует изучение метафоры как компонента переводческой деятельности с лингвосинергетических позиций. По А.А. Потебне, внутренняя форма слова - стабильный компонент содержания, но это не отрицает возможности развития, динамики содержания слова, а, напротив, предполагает ее. Для реципиента-переводчика, имеющего дело с иноязычным метафорическим фрагментом текста, внутренняя форма слова, заключенная в значении лексемы, является стабилизирующим началом поиска и средством адекватного понимания метафорического смысла текста продуцента. Стабильный компонент - значение лексемы, входящей в метафорический комплекс, является условием понимания авторского смысла. Стабильное и нестабильное в значении начинают функционировать в единой системе, назначение которой заключается в порождении встречного высказывания, адекватного исходному.

В свете современных когнитивной и лингвосинергетической парадигм также представляется необходимым осмысление некоторых положений Л.С. Выготского о связи мышления и речи. Процесс отношения мысли к слову является динамичным, развивающимся. Так, Л.С. Выготский утверждал: «Мысль и слово не связаны между собой изначальной связью. Эта связь возникает, изменяется и разрастается в ходе самого развития мысли и слова» [Выготский, 1956 [4]. Такой подход разрушает «треугольный» подход к значению, ведущий, быть может, к установлению стабильного компонента значения слова, но лишаящий слово его психологического - единственно реального - содержания. Определив роль метафоры в художественном тексте, реципиент может не воспринимать энтропию смысла, он может стремиться найти сходные концепты в своей концептуальной системе, установить между ними связь, предопределенную текстом оригинала. Реципиент привносит фрагмент авторского познания реальности, вербализованного метафорой, в свою концептуальную систему, при этом неизбежен процесс ее структуризации. Метафора может указывать на возможность соотношения, сопоставления, гибкой корреляции разрозненных образов восприятия реальности, которые в метафорическом текстовом комплексе функционируют в единой системе речи и смыслопорождения.

Следовательно, мысль – деятельностна, а мышление – это деятельностный процесс, более того, процесс мышления не только деятельностен, но и метафоричен. В его основе лежит базовый когнитивный механизм аналогии. Процесс метафоризации - авербальное, дорассудочное понимание мира, но в свою очередь метафора – вербальная передача авторского понимания фрагмента мира, авторского личностного смысла. Метафора представляет синтетическое нерасторжимое единство авербального и вербального [Герман, Пищальникова, 1999 [1]. Ученые подчеркивают, что континуальность мышления и дискретность языка уравниваются в метафоре как специфической форме вербальной фиксации способа осознания реальности. Поэтому для реципиента метафора в художественном тексте представляет собой смысловой сгусток, авторский компрессированный смысл. Ученые отмечают, что синкретичность метафоры делает возможным передачу нерасчлененного, сложного смысла, в котором, тем не менее, легко обнаруживается доминанта. Именно доминанта в метафоре способствует адекватному пониманию авторского личностного смысла. Доминанта направляет креативную деятельность реципиента, нацеленную на достижение понимания авторского смысла, заключенного в метафорическом текстовом пространстве. Доминанта активизирует процессы самоорганизации в концептуальной системе реципиента, снижая энтропию смысла, принесенного метафорой.

Смысл слова является всегда динамичным, структурно сложным образованием, имеющим несколько зон различной устойчивости. Значение - одна из зон смысла, «и притом зона, наиболее ус-

тойчивая, унифицированная и точная». Общеизвестно, что в процессе перевода текста далеко не всегда достаточно переводить лексические единицы одним из словарных значений, а осмысление метафорического фрагмента текста не укладывается в рамки системных значений конвенциональных лексических единиц. Смысл метафоры не может быть обнаружен из перевода лишь отдельных системных значений входящих в нее компонентов. Метафора в иноязычном тексте отражает авторский способ познания окружающей действительности, и именно он должен быть зафиксирован в переводе.

Исследователь Г.И. Богин, [6] представитель филологической герменевтики, указывает, на то, что:

1) семантизирующее понимание, т.е. декодирование единиц текста, определяется в их знаковой функции; 2) когнитивное понимание, т.е. освоение содержательности познавательной информации, данной в форме тех же самых единиц текста, но может сталкиваться с семантизирующим пониманием; 3) смысловое «феноменологическое» понимание, построенное на распредмечивании идеальных реальностей, презентуемых помимо средств прямой номинации, но опредмечивается все же именно в средствах текста [Богин, 2002]. В процессе переводческой рефлексии устанавливаются отношения, связи между составляющими метафорический контекст компонентами. Рефлексивная основа понимания как раз и заключается в том, что осознаются взаимовлияющие, взаимодополняющие связи между структурно-смысловыми компонентами текста. Доминантный авторский смысл, заключенный в определенном контексте, акцентируется одновременно несколькими составляющими.

Рефлексия - это взаимодействие между прошлым опытом реципиента и новой ситуацией, представленной в тексте в качестве предмета для освоения. Следует подчеркнуть, что концептуальная система реципиента при понимании речевого произведения находится в постоянном процессе структуризации. В процессе встречного порождения смысла прошлый опыт реципиента трансформируется. Происходит процесс установления новых ассоциативных связей между концептами. Таким образом, текст как самоорганизующаяся система эксплицирует экзогенную (внешнюю) активность.

В концепции Г.И. Богина процесс понимания рассматривается как организованная рефлексия, и это очень важно для осмысления стратегий перевода. Рефлексия - один из видов мыслительных операций, базирующийся на анализе языковых репрезентантов и их связей. Моделирование переводческой деятельности на основе исследования структурированной версии перевода детерминировано универсальностью процессов речемыслительной деятельности. Считаем, что исследование метафоры как компрессированного компонента перевода в рамках деятельностного подхода выявляет специфику функционирования последнего. В переводческой деятельности синергизируются и языковые репрезентанты авторского метафорического смысла на языке оригинала, и концептуальная система переводчика, и возможности языка перевода. В результате процессы восприятия и встречного порождения высказывания выступают как синергетичные, являющиеся в основе самоорганизующимися.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Герман И.А., Пищальникова В.А. Введение в лингвосинергетику. - Барнаул, 1999.- Введение в лингвосинергетику. - Барнаул, 1999.
2. Пищальникова В.А. Языковая игра как лингвосинергетическое явление // Языковое бытие человека и этноса: психолингвистический и когнитивный аспекты: Сб. ст. Вып. II. / Отв. ред. В.А. Пищальникова. - Барнаул, 2000.
3. Потемня А.А. Эстетика и поэтика. - М., 1976
4. Выготский Л.С. Избранные психологические исследования. Мышление и речь. Проблемы психологического развития ребенка. - М., 1956
5. Богин Г.И. Значащее переживание как необходимая часть системы Алексеев К.И. Эскиз теории метафоры // Языковое сознание: формирование и функционирование: Сб. ст. / Отв. ред. Н.В. Уфимцева. - М., 1998
6. Арутюнова Н.Д. Метафора и дискурс // Теория метафоры. - М., 1990. Арутюнова Н.Д. Язык и мир человека. - М., 1999.
7. Аршинов В.И., Свирский Я.И. Синергетическое движение в языке // Самоорганизация и наука: опыт философского осмысления. - М., 1994.
8. Базылев В.Н. Синергетика языка. - М., 1998.

Омарбаева Г.С.

**Метафораның функционалдық синэргетикалық жүйе ретінде зерттелу**

**Түйіндеме.** Ұсынып отырған жұмыста мәтін авторының метафораны түсіну үрдісінің аударма моделін құрастыратын лингвосинэргетикалық концептуалдық жүйе қызметін бекітетін когнитивтік метафоралық құрылым қасиеттері қарастырылады.

Омарбаева Г.С.

**Исследование феномена метафоры как функциональной синергетической системы**

**Резюме.** В статье рассматриваются свойства когнитивной метафорической структуры, верифицирующей функции лингвосинэргетической концептуальной системы автора текста, создающего переводческие модели процесса понимания метафоры.

Omarbayeva G.S.

**Study of metaphor phenomenon as the functional synergetic system**

**Summary.** This article considers the features of cognitive metaphorical structure, verifying the functions of lingual and synergetic conceptual system of the text author creating the translation models of metaphora comprehension process.

УДК 332.852

**А.Т. Акбисеков**

(Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева,  
г. Алматы, Республика Казахстан)

## **ФАКТОРЫ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ НА РЫНОК НЕДВИЖИМОСТИ**

За время независимости Республики Казахстан и в русле задач, поставленных Стратегией развития страны до 2030 года строительство жилья стало одним из приоритетных направлений общенационального характера.

В настоящее время решение проблемы перехода к устойчивому функционированию и развитию рынка жилья в Казахстане является одним из приоритетов государственной и региональной политики. Рассматриваются основные факторы, действующие на рынке, определяется их влияние на стоимость жилья и на рынок в целом. Выделяется и характеризуется действие таких общих для всех рынков факторов, как спрос, предложение и цена. Приводится классификация факторов, влияющих на рынок жилья.

Проблема качественного и доступного жилья занимает особое положение в общей системе государственной и региональной политики, поскольку, с одной стороны, она затрагивает интересы каждого гражданина, а с другой – находится в тесной связи с другими направлениями социально-экономической политики. Решение этой проблемы выдвигается сегодня в число первоочередных. В настоящее время концепция регулирования территориального развития Казахстана тесно связана с стратегией социально-экономического развития регионов. В связи с этим был инициирован проект “Доступное жилье - 2020”. Основным инструментом его реализации служит государственная целевая жилищная программа. (включая входящие в ее состав подпрограммы). Главной целью программы является комплексное решение проблемы перехода к устойчивому функционированию и развитию жилищной сферы, обеспечивающее доступность жилья для граждан, безопасные и комфортные условия проживания в нем.

Задачи программы:

- создание полноценного сбалансированного рынка жилья;
- привлечение частных инвестиций в жилищное строительство и стимулирование государственно-частного партнерства;
- развитие инженерно-коммуникационной инфраструктуры районов жилищной застройки;
- развитие индивидуального жилищного строительства;
- решение вопроса онос аварийного жилья;
- поддержка строительства жилья некоммерческими объединениями граждан, в том числе жилищными строительными кооперативами, а также индивидуальными застройщиками;
- развитие строительной индустрии в Республике Казахстан.

Для достижения поставленных целей необходим постоянный анализ рынка жилья, являющегося важнейшей составляющей рынка недвижимости. Рынок жилья представляет собой взаимосвязанную систему рыночных механизмов, обеспечивающих создание, передачу, эксплуатацию и финансирование объектов жилого фонда.

Рынок недвижимости находится под значительным влиянием факторов, определяющих социально-экономическое развитие как страны в целом, так и отдельных регионов, и факторов, определяющих политическую стабильность.

На рынке жилья, как и на любом рынке, действуют такие факторы, как спрос, предложение и цена (рисунок 1).



Рис. 1. Факторы, воздействующие на рынок жилья

**Спрос** – это количество объектов жилой недвижимости и прав на них, которые покупатели готовы приобрести по складывающимся ценам за определенный период времени. Основа спроса – желание потенциальных покупателей, обладающих необходимыми источниками финансирования, пр.

Спрос на жилые объекты формируется под влиянием многочисленных факторов, в том числе экономических, социальных, политических, административных, экологических и прочих факторов.

К *макроэкономическим* относятся факторы, характеризующие общеэкономическую ситуацию: производство национального дохода, объем промышленного производства, занятость трудоспособного населения, ставки доходности финансовых активов, платежный баланс страны, состояние торгового баланса, приток и отток капитала, рост доходов населения, индекс потребительских цен. К *микроэкономическим* – экономическое развитие региона, диверсификация занятости работоспособного населения, экономические перспективы развития региона, притоки капитала в регион, оттоки капитала из региона.

Большое влияние на спрос оказывают такие *социальные факторы*, как структура населения, плотность населения; число семей, миграция населения, численность населения и тенденции ее изменения, возрастной и социальный статус населения, образовательный уровень и т.д.

В группу *политических* факторов входят степень совершенства законодательства и уровень стабильности. *Административные* факторы – это постоянные и временные ограничения, условия получения прав на строительство жилья, правовые условия совершения сделок (регистрация, сроки и др.)

*Экологические* факторы представляют собой природно-климатическую среду, то есть климат, продолжительность времен года, водный и тепловой режим и экология региона в целом.

Кроме того, на стоимость жилья оказывают влияние окружающая среда, архитектурно-конструктивное решение проекта, наличие коммунальных услуг, национальные и культурные условия и традиции населения. Окружающая среда характеризуется такими факторами как местонахождение жилья, состояние социальной инфраструктуры, транспортные условия. Местонахождение является одним из определяющих факторов при оценке стоимости жилья.

**Предложение** – это количество объектов жилой недвижимости, которое собственники готовы продать по определенным ценам за некоторый период. В любой текущий момент времени общее предложение складывается из двух элементов: предложение уже существующего и нового жилья. Соотношение двух элементов предложения изменяется во времени и в зависимости от

местоположения жилья. В то же время, основной тенденцией является преобладание предложения существующего жилья, что связано с ее долговечностью.

На предложение оказывают влияние *прямые и косвенные факторы*. К *прямым* относятся строительные мощности в регионе, цены на энергоносители, стоимость стройматериалов, проектирования, строительного-монтажных работ, мощность и износ инженерных сетей в регионе, возможности застройщика по привлечению финансирования, Жилищный кодекс РК и другие законодательные акты, правила выделения и приобретения земельных участков под застройку и т.д. К *косвенным* – уровень ВВП, объем инвестиций в экономику страны, государственный контроль, интенсивность вывода капитала за рубеж, уровень инфляции, курсы валют, покупательная способность валют.

Изменение предложения объектов жилой недвижимости на рынке может быть реализовано за счет строительства нового или реконструкции существующего жилья, изменения типа использования или изменения существующих прав на жилье без физического изменения жилья.

Взаимодействие предложения и спроса определяет цену.

**Цена** – это количество денег, уплаченных за единицу жилой недвижимости в совершенных сделках. При прочих равных условиях на рынках спрос на жилье изменяется в обратной зависимости от цены. Но рынок жилья - это рынок несовершенной конкуренции, что обусловлено его существенными особенностями: уникальностью каждого объекта, условиями финансирования, сложными юридическими правами, низкой ликвидностью, поэтому предложение и спрос не всегда диктуют цену, по которой происходит смена собственника, т. е. купля-продажа.

Сложные причинно-следственные взаимосвязи между факторами, воздействующими на рынок недвижимости, можно отразить в виде кривой (рисунок 2).

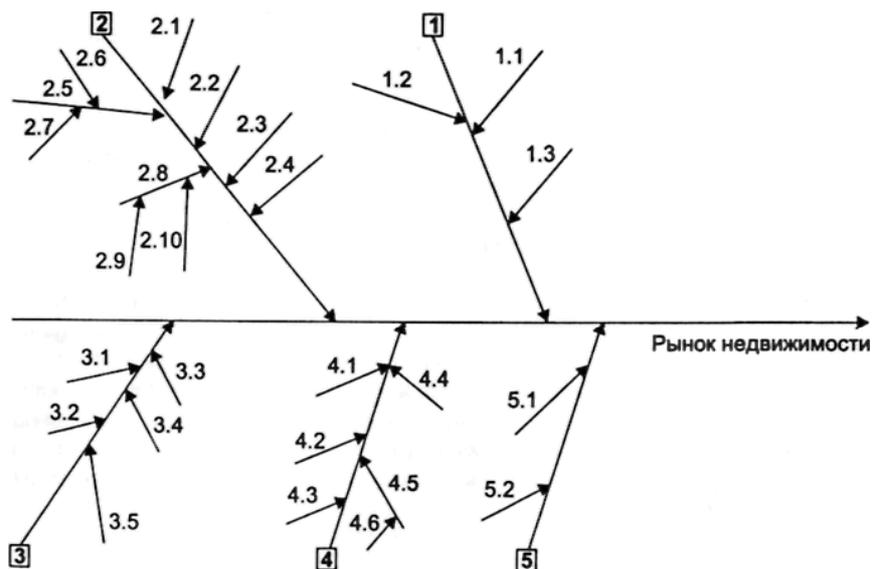


Рис. 2. Причинно-следственные взаимосвязи между факторами, воздействующими на рынок недвижимости

*Факторы, воздействующие на рынок недвижимости:*

1. Факторы государственного регулирования рынка недвижимости:

1.1 - нормативные акты, регулирующие сделки купли-продажи недвижимости; - налоговое законодательство, регулирующее сделки с недвижимостью; - отдельные нормативные акты, ограничивающие сделки с недвижимостью на региональном уровне.

2. Общеэкономическая ситуация:

2.1 - производство национального дохода; - объем промышленного производства; - занятость трудоспособного населения; - ставки доходности финансовых активов; - платежный баланс страны; - состояние торгового баланса; - притоки капитала; - оттоки капитала; - рост доходов населения; - индекс потребительских цен.

3. Микроэкономическая ситуация:

3.1 - экономическое развитие региона; - диверсификация занятости работоспособного населения; - экономические перспективы развития региона; - притоки капитала в регион; - оттоки капитала из региона.

4. Социальное положение в регионе:

4.1 - возможность межэтнических и военных столкновений; - отношение к частному капиталу; - отношение к иностранному капиталу; - устойчивость политики администрации региона; - уровень безработицы в регионе; - популярность проводимой администрацией региона политики.

5. Природные условия в регионе:

5.1 - экологическое положение в регионе; - наличие развитой инфраструктуры.

Как видно на рисунке 2, решающая роль принадлежит макроэкономическим факторам: политическая ситуация в стране и регионах, общеэкономическая ситуация, состояние финансового рынка. Если же действие макроэкономических факторов относительно стабильно, то состояние рынка недвижимости, приносящей доход, определяется микроэкономическими факторами. Такова основная характеристика факторов, влияющих на рынок недвижимости.

Рынок недвижимости Казахстана – новый развивающийся сектор экономики. Как все новое, в период становления и развития, он характеризовался неравномерным развитием своих сегментов, несовершенной законодательной базой и низкой строительной и инвестиционной активностью. Поскольку процесс формирования рынка жилья в Казахстане еще не окончен, особое значение имеет изучение и анализ влияния факторов, действующих на него. На рынок жилья оказывают значительное влияние факторы, характеризующие социально-экономическое развитие страны в целом и отдельных регионов, факторы, определяющими политическую ситуацию, экологические и многие другие.

#### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Дюкова О.М., Пасяда Н.И. Управление развитием недвижимости: Учебное пособие.– СПб.:Изд-во СПбГУЭФ, 2009.– 100 с.
- 2 Развитие рынка земли в Республике Казахстан. Труды 4 международного форума (8 международной конференции): Актуальные проблемы современной науки. - Самара, 2008. – С.41-45.
- 3 Асаул А.Н., Карасев А.В. Экономика недвижимости: Учебное пособие. – М., 2001, - 320с.
- 4 Боброва В.В. Территориальный аспект государственного регулирования экономики // Вестн. Самар. гос. экон. акад. - Самара, 2005. -№ 1 (16). - С. 51.
- 5 Ресина В.И. Экономика недвижимости. -М., 2000. - 328 с.
- 6 Горемыкин В.А., Бугулов Э.Р. Экономика недвижимости. - М., 1999. - С. 404 - 480.
- 7 Максимов С.Н. Экономика недвижимости: Учебное пособие. - СПб: Изд-во Санкт-Петербургского Университета, 1999. - С.101 - 123.

Акбисеков А.Т.

#### **Жылжымайтын мүлік нарығына ықпал ететін факторлар.**

**Түйіндеме.** Қазақстанның жылжымайтын мүлігінің нарығы – экономиканың жаңа дамып келе жатқан сектор. Дамуы және қалыптасу кезеңінде, барлық жаңа салалар секілді ол өзінің буынының әрқелкі дамуымен, аяқталмаған заңдық базамен, төмен құрылыстық және инвестициялық белсенділікпен сипаттады. Жылжымайтын мүлік нарығы құрылымының қалыптасу процесі Қазақстанда әлі бітпеу себепті, оған әсер ететін факторларды зерттеу мен талдаудың ролі өте маңызды. Жылжымайтын мүлік нарығына ең маңызды ықпал ететін факторлардың біреуі – елдің біртұтас және жеке аймақтардың әлеуметтік-экономикалық дамуын сипаттайтын, саяси жағдайды, экологиялық және көптеген басқа айқындайтын факторлар.

Акбисеков А.Т.

#### **Факторы, воздействующие на рынок недвижимости.**

**Резюме.** Рынок недвижимости Казахстана – новый развивающийся сектор экономики. Как все новое, в период становления и развития, он характеризовался неравномерным развитием своих сегментов, несовершенной законодательной базой и низкой строительной и инвестиционной активностью. Поскольку процесс формирования рынка жилья в Казахстане еще не окончен, особое значение имеет изучение и анализ влияния факторов, действующих на него. На рынок жилья оказывают значительное влияние факторы, характеризующие социально-экономическое развитие страны в целом и отдельных регионов, факторы, определяющими политическую ситуацию, экологические и многие другие.

Akbissekov A.T.

**The factors influencing the market of real estate.**

**Summary.**The market of real estate of Kazakhstan – new developing sector of economy. As all new, in formation and development, it was characterized by non-uniform development of the segments, imperfect legislative base and low construction and investment activity. As process of formation of the market of housing in Kazakhstan isn't ended yet, special value has studying and the analysis of influence of the factors operating on it. The factors characterizing social and economic development of the country as a whole and separate regions, the factors make on the market of housing, defining a political situation, ecological and many other considerable impact.

## МАЗМҰНЫ

### Жер туралы ғылымдар

<i>Нурсултанова С.Г., Арипов Б.С.</i> КАСПИЙ МАҢЫ СИНЕКЛИЗАСЫНЫҢ ОҢТҮСТІК-ШЫҒЫСЫНЫҢ БЕЛСЕНДІ ЕМЕС ШЕТТЕРІ МЕН КАРБОНАТТЫ ПЛАТФОРМАЛАРДЫ ҚАЛЫПТАСУЫ.....	3
<i>Жинтимиров Р.И., Дарибаева Н. Г.</i> ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЖӘНЕ ӘЛЕМДЕГІ ШЕЛЬФТІ КЕН ОРЫНДАРЫН ӨНДЕУДІҢ АНАЛИТИКАЛЫҚ ТАЛДАУЫ.....	8
<i>Нурсултанова С.Г., Жетписбаев Е.</i> ОҢТҮСТІК ТҰРҒАЙ ИЛМЕСІНІҢ ЮРАҒА ДЕЙІН ШӨГҮЛЕРИНИҢ МҰНАЙГАЗДЫЛЫҚ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ.....	12
<i>Билецкий М.Т., Касенов А.К., Сушко С.М.</i> ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ШИЕЛЕНІСТЕРДІ БОЛДЫРМАУ МАҚСАТЫНДА ІСІНЕТІН САЗДАРДЫ БҰРҒЫЛАП ӨТУ КЕЗІНДЕ ИНГИБРЛЕУШІ ЕРТІНДІЛЕРДІ ПАЙДАЛАНУ ТӘЖІРИБЕСІ.....	16
<i>Аршамов Я.К.</i> МЫСТЫ-ПОРФИРЛІ КЕНОРЫНДАРДЫҢ ТИПТІК МОДЕЛЬДЕРІ ЖӘНЕ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ- ГЕНЕТИКАЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	22

### Техникалық ғылымдар

<i>Пралиева А.А.</i> МЕМЛЕКЕТТІК ЖЕР КАДАСТРЫНЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАМТАМАСЫЗДАНДЫРЫЛУЫ.....	29
<i>Құсайынов С.Ф., Құсайынов А.С., Айтқұлов М.Т., Уразов М.Б.</i> КӨПФУНКЦИАЛЫ ГОЛОГРАММА ОПТИКАЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕРІ.....	34
<i>А.А. Мусабеков, С.У. Исмаилов, А.А. Сарibaев</i> АЙНАЛЫ КОНЦЕНТРАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕНІҢ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ЖҮЙЕСІН ЗЕРТТЕУ	40
<i>Ерёмин Д.И., Понятов Ю.А.</i> АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕ ӨЗІРЛЕЙТІН АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТІ АНЫҚТАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ...	47
<i>Жұмашев М.А.</i> ANDROID БАЗАСЫНДА МОБИЛЬДІ ҚҰРЫЛҒЫЛАРҒА ХАБАРЛАМАЛАРДЫ ЖІБЕРУДІҢ БҰЛТТЫ СЕРВИСІ .....	55
<i>Иванов И.М., Понятов Ю.А.</i> ДЕРЕКТЕРДІ ТАСЫМАЛДАУ ЖӘНЕ ЖИНАҚТАУ СПУТНИКТІК ТЕРМИНАЛДАР ҮШІН ПЛАТФОРМА РЕТІНДЕ FRIENDLY ARM МИКРОКОМПЬЮТЕРЛЕРДІ ҚОЛДАНУ.....	59
<i>Иванов И.М., Торчик В.В.</i> ЖЫЛЖЫМАЛЫ НЫСАНДАР МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕСІ ДИСПЕТЧЕРЛІК ОРТАЛЫҚ ҮЛГІСІНДЕ RIA- ҚОСЫМШАЛАР ӨЗІРЛЕУ ҮШІН FLEX ПЛАТФОРМАСЫН ҚОЛДАНУДАҒЫ КЕМШІЛІКТЕР МЕН АРТЫҚШЫЛЫҚТАР.....	64
<i>Айтчанов Б. Х., Баймуратов О. А.</i> КЕШІГЕТІН ОБЪЕКТІЛЕРДІ АВТОМАТТЫ БАСҚАРУДЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖИІЛІК- ИМПУЛЬСТІК ЖҮЙЕЛЕРІН ВОЛЬТЕРДІҢ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ҚАТАРЛАРЫМЕН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІН ҚҰРУ ӘДІСТЕРІ.....	71
<i>Жұмашев М.А.</i> “БҰЛТ” ПЕН ҚҰРЫЛҒЫ АРАСЫНДА АҚПАРАТ АЛМАСУ .....	77
<i>Қасымбеков Ж.К., Исакова А.С.</i> БАЛАМАЛЫ ЭНЕРГИЯ ЖАБДЫҚТАУ КӨЗІ РЕТІНДЕ ШАҒЫН ГЭС ПАЙДАЛАНУ.....	81
<i>Алжанбаев С.Ш., Муканов А.К.</i> ҚАЗҰТУ ЖАНЫНДАҒЫ ЖОО АРАЛЫҚ «ТЖ» ОҚУ-ҒЫЛЫМИ ОРТАЛЫҒЫ.....	85
<i>Оспанова А.О., Бердиева М.</i> ПОЛИМЕР ӨНДІРІСІН ОПТИМАЛДЫ БАСҚАРУ .....	87
<i>Ерёмин Д.И., Торчик В.В.</i> АСА ҚИЫН МАҢЫЗДЫ НЫСАНДАР МЕН ЖҮКТЕР МОНИТОРИНГ ЖҮЙЕСІНЕ АРНАЛҒАН ИНМАРСАТ ГЕОСТАЦИОНАРЛЫҚ ЖЫЛЖЫМАЛЫ СПУТНИКТІК БАЙЛАНЫСТЫ ПАЙДАЛАНУ.....	93
<i>Шевцова В.С., Калдыбаева С.Т., Ақубаева Д.М.</i> ТІРШІЛІК ҚАУІПСІЗДІГІНІҢ АҚПАРАТТАУ ЖҮЙЕСІ .....	97
<i>Мырзахметов Е.Б., Тоқтамсырова С.М., Рахманқұлов Д.Д., Мырзахметов Б.А., Ақбаева Д.Н.</i> ТҰТҚЫРЛЫҒЫ ЖОҒАРЫ МҰНАЙЛАР МЕН МҰНАЙ ӨНІМДЕРІН ТЕМІРЖОЛ СОСТАВЫНЫҢ ЖҮРІС ЖОЛЫНДА МЕХАНИКАЛЫҚ ТҰРҒЫДА АКТИВТЕНДІРУІ.....	101

<i>Абилдабекова Д.Д., Қарымсақов У.Т.</i> ҚҰРЫЛЫС МАМАНДЫҚТАРЫ БОЙЫНША БАКАЛАВРЛАРДЫ ГЕОМЕТРИЯЛЫҚ- ГРАФИКАЛЫҚ ДАЙЫНДАУ.....	107
<i>Сидорова Н.В., Отаров М.А.</i> КІШІ КАНАЛИЗАЦИЯНЫҢ ТАЗАРТУ ҒИМАРАТТАРЫ.....	111
<i>Болатжанұлы Т.</i> БАСҚАРУШЫЛЫҚ ШЕШІМДЕРДІҢ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРІН ҚҰРУ ТҰЖЫРЫМДАМАСЫН ДАЙЫНДАУҒА.....	116
<i>Құсаинов С.Г., Құсаинов А.С., Буктуков Н.С., Нұрахметова Г.К.</i> КҮН РАДИЯЦИЯСЫНЫҢ КОНЦЕНТРАТТАРЫНЫҢ ТҮЗІЛУ МӘСЕЛЕСІ.....	120
<i>Жапсарбай Н.Б.</i> ГАЗДЫҢ ЖӘНЕ УКПГ- 4,38 ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ТАЛҒАМЫНЫҢ КЕШЕНДІ ӨНДЕУІНІҢ ҚИСЫНЫ АМАНГЕЛЬДЫ МЕСТОРОЖДЕНИИ ГАЗ.....	125
<i>Сыдықов Р.А., Мамырова А.Қ.</i> WEB БЕТТЕ БЕЙНЕКЛИПТЕРДІ ОЙНАТУ ҮШІН ҚАЗІРГІ УАҚЫТТАҒЫ БЕЙНЕ ЖӘНЕ ДЫБЫСТЫҚ ФОРМАТТАҒЫ ФАЙЛДАРДЫ ҚОЛДАНУ.....	128
<i>Абдусаев Б.А.</i> МИНЕРАЛДЫ-ШИКІЗАТ ҚОРЫНЫҢ КАДАСТР ЕСЕБІНІҢ ҚАЗІРГІ МАҚСАТ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	133
<i>Шевцова В.С., Калдыбаева С.Т., Акубаева Д.М.</i> ЖОҒАРЫ ТЕМПЕРАТУРАЛАРДА ДМПФЕРЛІК ҚОРЫТПАЛАРДЫҢ АКУСТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	137
<i>Ескендірова Д.М., Сейдахметов Б.Т.</i> БЕЙНЕТАНУДАҒЫ ЖАСАНДЫ НЕЙРОН ЖЕЛІЛЕРІН ЖАСАУДЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ.....	140
<i>Усербаева С.С., Ахмедова Г.Р., Сакиева З.Ж.</i> ААҚ «ПК «ЮЖПОЛИМЕТАЛЛ» ҚОРҒАСЫННЫҢ ҚОРШАҒАН ОТРАҒА ӘСЕРІН ТӨМЕНДЕТУ ЖАЙЛЫ ТАБИҒАТТЫ ҚОРҒАУ ШАРАЛАРЫН ҰЙЫМДАСТЫРДЫ.....	144
<i>Акмалаев К., Атамбаева Д.</i> МАГНЕЗИАЛ ЦЕМЕНТІ НЕГІЗІНДЕГІ АВТОКЛАВТА ҚАТАЙМАЙТЫН КӨБІКТІБЕТОН.....	146
<i>Алтаев М.А., Досмақанбетова А.А., Қумисбеков С.А., Мамыр А., Якубова М.З.</i> АППАРАТТЫҢ ҚҰЙЫЛҒЫ ҚҰРЫЛЫМЫНАН ЖҰҚА ҚАБЫҚ ТҮРІНДЕ АҚҚАН СҰЙЫҚТЫҢ АУАМЕН (ГАЗБЕН) ӘСЕРЛЕСУ РЕЖИМІН МОДЕЛЬДЕУ.....	149
<i>Мұсанов Ә., Шалбай А.</i> ҰҒЫЛАРДЫ ПНЕВМОСОҚҚЫШПЕН БҰРҒЫЛАУҒА АРНАЛҒАН ҚҰРЫЛЫМ.....	153
<i>Сарыбаев Е.С.</i> ЕЛДІ-МЕКЕНДЕРДІ ЖОСПАРЛАУДАҒЫ КҮРДЕЛІ БЕДЕРДІҢ РОЛІ.....	156
<i>Жұмабай Б., Тұрмұхамбетов А.Ж.</i> ТУРБУЛЕНТТІК АҒЫСТАҒЫ ҚҰЙЫНДАРДЫҢ СИММЕТРИЯЛЫҚ ЕМЕС ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУІ.....	158
<i>Алтаев М.А., Досмақанбетова А.А., Пазилова Г.Д., Сарбасов А., Балабеков О.С.</i> АППАРАТТАҒЫ АУАНЫҢ (ГАЗДЫҢ) ЕКПІНДІ АҒЫНЫМЕН ПАЙДА БОЛҒАН СҰЙЫҚ ТАМШЫЛАРЫМЕН ӘСЕРЛЕСУ РЕЖИМІН МОДЕЛЬДЕУ.....	164
<i>Апсеметов А.Т., Арыстанбаев Қ.Е., Утебаев Е.М.</i> БУ ҚАЗАННЫҢ ЖҰМЫСЫН АВТОМАТТЫ БАСҚАРУДЫҢ ЕКІ ДЕҢГЕЙЛІК ЖҮЙЕСІ.....	167
<i>Қасымов А.О., Мамырбекова Н.Б.</i> ҚОЗҒАЛМАЛЫ БАЙЛАНЫС ЖЕЛІСІНІҢ БАЗАЛЫҚ СТАНЦИЯСЫ РАДИОИНТЕРФЕЙСІНІҢ ӨТКІЗУ ҚАБІЛЕТТІЛІГІ МЕН ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ СИПАТТАМАСЫНА ҚОҢЫРАУЛАРҒА ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУДІҢ ТОПТЫҚ СИПАТЫНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	172
<i>Самойлов В.И., Қуленова Н.А., Борсук А.Н., Зеленін В.И., Оналбаева Ж.С., Байгазова Н.А.</i> ФЛЮСТЕРМЕН БАЛҚЫТЫЛЫП АКТИВТЕНДІРІГЛЕН БЕРІЛЛ, ФЕНАКИТ ЖӘНЕ БЕРТРАНДИТТІҢ ҚОСПАЛАРЫНЫҢ КҮКІРТ ҚЫШҚЫЛЫМЕН ӘРЕКЕТТЕСУІНІҢ КИНЕТИКАСЫ.....	176
<i>Байжуманова Ж.Д., Бейсембекова Р.Н.</i> ТАРАТЫЛҒАН КОМПЬЮТЕРЛІК ЖҮЙЕЛЕРДІҢ СЕΝІМДІЛІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ҮДЕРІСТЕРІНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫ.....	181
<i>Байжуманова Ж.Д., Бейсембекова Р.Н.</i> ТАРАТЫЛҒАН КОМПЬЮТЕРЛІК ЖҮЙЕЛЕР КОМПОНЕНТТЕРІНІҢ ӨЗАРА ӘРЕКЕТТЕСУ АРХИТЕКТУРАЛАРЫ.....	183
<i>Ахметов Б.С., Досжанова А.А., Иванов А.И., Картбаев Т.С., Малыгин А.Ю.</i> МЕДИЦИНАЛЫҚ ҰЙЫМДАРДАҒЫ ЕМДЕЛУШІЛЕРДІҢ АУРУЛАРЫНЫҢ ЭЛЕКТРОНДЫ ТАРИХЫН БИОМЕТРИЯЛЫҚ ИЕСІЗДЕНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ.....	186
<i>Жараспаев М.Т., Касенов К.М., Ким Д.С.</i> 2000-С ЖОҒАРЫ ТЕМПЕРАТУРАҒА ДЕЙІНГІ ЯДРОЛЫҚ ОТЫНДЫ ЛАЗЕРЛІК ҚЫЗДЫРУ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ КӨМЕГІМЕН ПЛУТОНИЙДІҢ ТІРІ АҒЗАҒА ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	190

<i>Генбач А.А., Олжабаева К.С., Олжабаев М.С.</i> ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ ЖАНУ ҚҰТЫЛАРЫ МЕН САПТАМАЛАРЫНЫҢ ЖУМЫС ТИІМДІЛІКТЕРІН ЖОҒАРЫЛАТУ.....	199
<i>Акишев А.Х., Жунусов С.М., Абишева А.К.</i> ОТҚА ТӨЗІМДІ БҰЙЫМДАРДЫҢ ТЕРМОТҰРАҚТЫЛЫҒЫ МЕН ТЕМПЕРАТУРАЛЫҚ КЕРНЕУІ <i>Акишев А.Х., Жунусов С.М., Абишева А.К.</i>	203
АГРЕССИВТІ ЖОҒАРЫ ТЕМПЕРАТУРАЛЫ ПРОЦЕСТЕРГЕ АРНАЛҒАН ХИМИЯЛЫҚ ТҰРАҚТЫ ОТҚА ТӨЗІМДІ МАТЕРИАЛДАР.....	207
<i>Интықбаев А.М., Жунусов С.М., Интықбаев Д.А., Абишева А.К.</i> КОНВЕРТЕРЛІК ШЛАКТЫҢ ЭЛЕКТРБАЛҚЫМАНЫҢ СОДАЛЫ ШЛАКПЕН ТӨМЕНДЕТУІНЕН АЛЫНҒАН НӘТИЖЕЛЕРІ.....	212
<i>Ефремова Ю.И.</i> ТПН-АД ОПТИМАЛДЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ ПРОГРАММАСЫ МЕН АЛГОРИТМІ ОЙЛАП ТАБЫЛДЫ.....	215
<i>Шайханова А.К., Жангисина Г.Д.</i> ЖЕЛІЛІК ҚАУІП-ҚАТЕРЛЕРДЕН ҚОРҒАНЫС СИПАТТАМАЛАРЫ.....	221
<i>Кушнир В.Г.</i> МАЛ ЖАЙЫЛЫМДАРЫ ҮШІН СУ КӨТЕРУ АГРЕГАТТАРЫН ЖЕТІЛДІРУ.....	224
<i>Кошкин И.В., Есімханов С.Б.</i> ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫ АУЫЛДЫҚ ЭЛЕКТР ЖЕЛІЛЕРІНІҢ КҮЙІН ТАЛДАУ МӘСЕЛЕЛЕРІ.....	229
<i>Есімханов С.Б., Кошкин И.В.</i> АРНАЛЫМЫ АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚТЫҚ АВТОНОМДЫ АСИНХРОНДЫ ЭЛЕКТР ЖЕТЕК ЖҮЙЕСІНІҢ ӨНДІРІСТІК СЫНАҚТАРЫ.....	234
<i>Генбач А. А., Жамбыл Г. Ж.</i> ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯЛАРДЫҢ ТУРБИНАСЫНЫҢ АУЫСПАЛЫ РЕЖИМІНДЕГІ ШЕКТІК ЖЫЛУ ТАСҚЫНДАРЫ.....	239
<i>Генбач А.А., Исламов Ф.А.</i> ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ ҚАҚПАҚ МАНЫ ГАЛТЕЛЬДІ ЗЕРТТЕУ.....	245
<i>Скаков М.К., Баятанова Л.Б.</i> 18ХНЗМА-Ш БОЛТАТЫНЫҢ ЭЛЕКТРОЛИТТІК ПЛАЗМАДА НИТРОЦЕМЕНТАЦИЯЛАУДАН КЕЙІНГІ БЕТКІ ҚАБАТТАРЫНЫҢ ҚҰРЫЛЫМДЫ-ФАЗАЛЫҚ КҮЙІ МЕН МИКРОҚАТТЫЛЫҒЫНЫҢ ӨЗГЕРУІ.....	249
<i>Хасанова Р.С.</i> КӨЛІКТІҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАМСЫЗДАНДЫРУЫНЫҢ САПАСЫНЫҢ КӨТЕРМЕЛЕУІ ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ АЙМАҚТАРЫНДА.....	255
<i>Суркова Т.Ю., Барменишинова М.Б., Гуцин А.П., Юлусов С.Б.</i> ҚАРБОНАТТЫ-ФОСФАТТЫ УРАНДЫ КЕНДІ АЛДЫН-АЛА БАЙЫТУ.....	258
<i>Скаков М.К., Уазырханова Г.К., Попова Н.А.</i> ЫСТЫҚ ДЕФОРМАЦИЯЛАНҒАН 30ХГС БОЛАТЫНЫҢ БЕТТІК ҚАБАТТАРЫНДАҒЫ ҚАРБИДТІК ФАЗАЛАРДЫҢ ТАРАЛУ ЗАҢДЫЛЫҚТАРЫ.....	263
<i>Скаков М.К., Уазырханова Г.К., Попова Н.А.</i> ДЕФОРМАЦИЯЛАНҒАН 30ХГС БОЛАТЫНЫҢ БЕТТІК ҚАБАТТАРЫНДАҒЫ КЕРНЕУДІҢ ІШКІ ӨРІСТЕРІНІҢ КӨЗДЕРІ ЖӘНЕ МИКРОСЫЗАТТАРДЫҢ ПАЙДА БОЛУЫ.....	270
<i>Ахметов Б.С., Захаров О.С., Иванов А.И., Малыгин А.Ю., Огнев И.В.</i> МЕТОД ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПОЯВЛЕНИЯ ОШИБОК НЕЙРОСЕТЕВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ БИОМЕТРИЯ-КОД, ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ ОЧЕНЬ МАЛЫЕ ТЕСТОВЫЕ ВЫБОРКИ.....	279
<i>Омаров К.А., Лун У.</i> РОБОТТЫҢ АУАЛЫҚ (ПНЕВМАТИКАЛЫҚ) ПОЗИЦИАЛЫҚ ЖЕТЕГІНДЕГІ ДИНАМИКАЛЫҚ ПРОЦЕСТЕРІ.....	283
<i>Мананбаева С.Е., Бегимбетова А.С., Санатова Т.С.</i> «ИИТЕРГАЗ ОРТАЛЫҚ АЗИЯ» АҚ ГАЗТАСЫМАЛДАУ ЖҮЙЕСІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ШЫҒАРЫЛЫМДАРЫН ТАЛДАУ.....	286
<i>Мананбаева С.Е., Санатова Т.С.</i> ГАЗ ТАСЫМАЛДАУ ЖҮЙЕСІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГІ БАЗАСЫНДА МЕТАН ШЫҒАРЫНДЫЛАРЫН ТАЛДАУ.....	191
<i>Кулиев Ю.М., Гусманова А.Г., Сарбопеева М.Д.</i> КӨЛБЕУ ҰҢҒЫЛАРДЫҢ ЖОҒАРҒЫ ҚАБЫРҒАСЫНА БҰРЫП ЖІБЕРЕТІН ҚҰБЫРҒА ЖАНАСУДЫ БОЛДЫРМАУҒА, БҰРЫП ЖІБЕРУДІҢ КӨЛДЕНЕҢ ҚИМАНЫ ТУДЫРАТЫН, СЕРПІМДІ КҮШ МОМЕНТІН АНЫҚТАУ.....	295
<i>Байсаков Б.М., Зинель А., Айтлесова Г., Тұяқбаев А., Найзабаева Л.</i> АРУДИНО АППАРАТТЫҚ-ЕСЕПТЕУІШ ПЛАТФОРМАСЫНЫҢ НЕГІЗІНДЕ АДАМНЫҢ БЕТ- ӘЛПЕТІН БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕСІНІҢ ТАБЫЛУЫ.....	299

<i>Исин Д.К., Байсанов С.О., Нурғали Н.З., Байсанов А.С., Исин Б.Д.</i>	
ФЕРРОТИТАН АЛУДЫҢ ЕКІ КЕЗЕҢДІ ТЕХНОЛОГИЯСЫ.....	304
<i>Абишева Б.Б., Маратов М.М., Сариев К.А., Байсақов Б.М.</i>	
АДАМ БЕТІНІҢ ЕРЕКШЕ НҮКТЕЛЕРІН ВИДЕОТОЛҚЫНДА НАҚТЫ УАҚЫТ ТӘРТІПТЕМЕСІНДЕ АНЫҚТАП БАҚЫЛАУ.....	309
<i>Адыгузалзаде К.С.</i>	
ГИДРОЖАРУЛЫДЫҢ ОҢТАЙЛАНДЫРУЫНЫҢ ҚАЗІРГІ ӘДІСТЕРІ.....	314
<i>Касенов К.М., Жұмағұлова Р.Е., Ким Д.С.</i>	
ЖАПОНИЯДАҒЫ «ФУКУСИМА-1» АЭС АПАТЫНАН 2 ЖЫЛ КЕЙІНГІ РАДИАЦИЯЛЫҚ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖАҒДАЙ.....	317
<i>Айдарбеков Е.Қ.</i>	
ЖОЛ ҚОЗҒАЛЫСЫ ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ТҰРҒЫСЫНДА ЖОЛДАР МЕН КӨШЕЛЕРДІ ҚЫСТА КҮТУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	327
<i>Дасибеков А., Абжапбаров А.А.</i>	
ҚҰМДЫ ЖАСТЫҒЫ БАР СЕРПІМДІЖЫЛЖЫМАЛЫ ТОПЫРАҚ НЕГІЗДЕРІНІҢ ЕСЕБІ.....	332
<i>Құралбаев З.К., Ержан А.А.</i>	
СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ЭЛЕКТРОНДЫ СХЕМАНЫҢ СЕЗІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ.....	337
<i>Балова Т.Г., Жомартқызы Г.</i>	
ТЕРМИНОЛОГИЯЛЫҚ КОЛЛОКАЦИЯЛАРДЫ ҒЫЛЫМИ МӘТІНДЕРДЕН АВТОМАТТЫ АЛУ.....	342
<i>Сладковский А., Мырзахметов Б.А., Айтореева Г.К., Сатыбалдин Қ., Талапбаев Т.</i>	
АВТОРЕТТЕЛЕТІН АҒЫНДЫ СОРАПТАР.....	347
<i>Сатыбалдиева Д.О.</i>	
МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕР ҚҰРУ АРҚЫЛЫ ЭКОНОМИКАЛЫҚ МӘСЕЛЕЛЕРДІҢ ҮЙЛЕСІМДІ ШЕШІМДЕРІН ТАБУ.....	351
<i>Кобдикова Ш.М., Богуспаев А.Б.</i>	
АҚТАУ ТЕҢІЗ ПОРТТЫҢ БОЛАШАҚ ДАМУ ЖОЛДАРЫ МЕН ТЕХНИКАЛЫҚ ЖАБДЫҚТАЛУЫ	355
<i>Гакистетер Г.В., Зейнулина А.Ф., Корниенко П.В.</i>	
САПАҒА ҚОЙЫЛАТЫН ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ТАЛАПТАР ЖӘНЕ ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ЦЕМЕНТКЕ СТАНДАРТ ЖҮЙЕСІ.....	360

#### **Химия-металлургия ғылымдары**

<i>Дюсенова С.Б., Линник К.А., Климова А.В., Карасева К.Г., Сажина Ю.Г.</i>	
АЛТЫН ҚҰРАМДЫ КЕНДІ БІР САТЫЛЫ ФЛОТАЦИЯЛАУ.....	364

#### **Физика-математика ғылымдары**

<i>Бейсебай П.Б., Данаев Н.Т., Мұхамедиев Ф.Х.</i>	
ЕРКІН КОНВЕКЦИЯНЫҢ СТАЦИОНАРЛЫҚ АЙЫРЫМДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕРІНІҢ ЖҮЙЕСІН САНДЫҚ ШЕШУДІҢ БІР АЛГОРИТМІ.....	370
<i>Муканова Б.Г., Құлбай М.Н.</i>	
ЖЫЛУ ӨТКІЗГІШ ТЕҢДЕУІ ҮШІН СОҢҒЫ УАҚЫТТАҒЫ ӨЛШЕМДЕР АРҚЫЛЫ ЖЫЛУ КӨЗДЕРІН АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН КЕРІ ЕСЕПТЕР.....	377

#### **Қоғамдық ғылымдар**

<i>Тукеев У.А., Жуманов Ж.М., Рахимова Д.Р.</i>	
БАЙЛАНЫС ГРАММАТИКАСЫ МЕН СТАТИСТИКАЛЫҚ ТӘСІЛДІ ҚОЛДАНЫП, ҚАЗАҚ ТІЛІНЕН АҒЫЛШЫН ТІЛІНЕ СӨЙЛЕМДЕР АУДАРМАСЫНЫҢ МОДЕЛДЕРІ МЕН АЛГОРИТМДЕРІ.....	385
<i>Омарбаева Г.С.</i>	
МЕТАФОРАНЫҢ ФУНКЦИОНАЛДЫҚ СИНЭРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕ РЕТІНДЕ ЗЕРТТЕЛУ .....	392

#### **Экономика ғылымдары**

<i>Ақбисекеев А.Т.</i>	
ЖЫЛЖЫМАЙТЫН МҮЛІК НАРЫҒЫНА БЫҚПАЛ ЕТЕТІН ФАКТОРЛАР.....	397

## СОДЕРЖАНИЕ

### Науки о Земле

<i>Нурсултанова С.Г., Арипов Б.С.</i> ПАССИВНЫЕ ОКРАИНЫ И ФОРМИРОВАНИЕ КАРБОНАТНЫХ ПЛАТФОРМ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ПРИКАСПИЙСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ.....	3
<i>Жинтимилов Р.И., Дарибаева Н. Г.</i> АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАЗРАБОТКИ ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В МИРЕ И В КАЗАХСТАНЕ.....	8
<i>Нурсултанова С.Г., Жетписбаев Е.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ ДОЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНО-ТУРГАЙСКОГО ПРОГИБА.....	12
<i>Билецкий М.Т., Касенов А.К., Сушко С.М.</i> ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНГИБИРУЮЩИХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ С ЦЕЛЬЮ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОСЛОЖНЕНИЙ ПРИ ПРОХОЖДЕНИИ ПУЧАЩИХСЯ ГЛИН.....	16
<i>Аршамов Я.К.</i> ТИПОВЫЕ МОДЕЛИ И ГЕОЛОГО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.....	22

### Технические науки

<i>Прашьева А.А.</i> ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА.....	29
<i>Кусаинов, С.Г. Кусаинов А.С., Айткулов М.Т., Уразов М.Б.</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬ ГОЛОГРАММНО-ОПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	34
<i>Мусабеков А.А., Исмаилов С.У., Сарibaев А.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ЗЕРКАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ.....	40
<i>Ерёмин Д.И., Понятов Ю.А.</i> ПРОБЛЕМЫ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	47
<i>Жумашев М.А.</i> ОБЛАЧНЫЙ СЕРВИС ПОСЫЛКИ СООБЩЕНИЙ НА МОБИЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА НА БАЗЕ ANDROID.....	55
<i>Иванов И.М., Понятов Ю.А.</i> ПРИМЕНЕНИЕ МИКРОКОМПЬЮТЕРОВ FRIENDLY ARM В КАЧЕСТВЕ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ СПУТНИКОВЫХ ТЕРМИНАЛОВ СБОРА И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ.....	59
<i>Иванов И.М., Торчик В.В.</i> ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАТФОРМЫ FLEX ДЛЯ РАЗРАБОТКИ RIA-ПРИЛОЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ ДИСПЕТЧЕРСКОГО ЦЕНТРА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	64
<i>Айтчанов Б. Х., Баймуратов О. А.</i> СТОХАСТИЧЕСКИЕ ДИСКРЕТНЫЕ ВОЛЬТЕРРОВСКИЕ МОДЕЛИ ЦИФРОВЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ ЧАСТОТНО-ИМПУЛЬСНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ.....	71
<i>Жумашев М.А.</i> ОБМЕН СООБЩЕНИЯМИ МЕЖДУ ОБЛАКОМ И УСТРОЙСТВОМ.....	77
<i>Касымбеков Ж.К., Исакова А.С.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛОЙ ГЭС КАК ИСТОЧНИКА АЛЬТЕРНАТИВНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ.....	81
<i>Алжанбаев С.Ш., Муканов А.К.</i> МЕЖВУЗОВСКИЙ НАУЧНО-УЧЕБНЫЙ ЦЕНТР «ЧС» ПРИ КазНТУ.....	85
<i>Оспанова А.О., Бердиева М.</i> ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОБЪЕКТАМИ.....	87
<i>Ерёмин Д.И., Торчик В.В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОСТАЦИОНАРНОЙ ПОДВИЖНОЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ ИНМАРСАТ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ И ГРУЗОВ.....	93
<i>Шевцова В.С., Калдыбаева С.Т., Акубаева Д.М.</i> ИНФОРМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	97
<i>Мырзахметов Е.Б., Токтамысова С.М., Рахманкулов Д.Д., Мырзахметов Б.А., Акбаева Д.Н.</i> МЕХАНОАКТИВАЦИЯ ВЯЗКИХ НЕФТЕЙ И НЕФТЕПРОДУКТОВ В ПУТИ СЛЕДОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО СОСТАВА.....	101

<i>Абилдабекова Д.Д., Карымсаков У.Т.</i>	
ГЕОМЕТРО-ГРАФИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА БАКАЛАВРОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ	107
<i>Сидорова Н.В., Отаров М.А.</i>	
ОЧИСТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ МАЛОЙ КАНАЛИЗАЦИИ.....	111
<i>Болатжанулы Т.</i>	
К РАЗРАБОТКЕ КОНЦЕПЦИИ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ.....	116
<i>Кусаинов С.Г., Кусаинов А.С., Буктуков Н.С., Нурахметова Г.К.</i>	
ПРОБЛЕМА ФОРМИРОВАНИЯ КОНЦЕНТРАТОВ СОЛНЕЧНОЙ РАДИАЦИИ.....	120
<i>Жапсарбай Н.Б.</i>	
ОБОСНОВАНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ГАЗА И ВЫБОРА УСТАНОВКИ УКПГ-4,38 НА МЕСТОРОЖДЕНИИ АМАНГЕЛЬДЫ ГАЗ.....	125
<i>Сыдыков Р. А, Мамырова А.К.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ВИДЕО И АУДИО ФОРМАТОВ ДЛЯ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ВИДЕОКЛИПОВ НА WEB-СТРАНИЦЕ.....	128
<i>Абдусаев Б.А.</i>	
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМНЫЕ ЗАДАЧИ КАДАСТРОВОГО УЧЕТА МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ.....	133
<i>Шевцова В.С., Калдыбаева С.Т., Акубаева Д.М.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕМПИРУЮЩИХ СПЛАВОВ ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ.....	137
<i>Ескендрова Д.М., Сейдахметов Б.Т.</i>	
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В РАСПОЗНАВАНИИ ОБРАЗОВ.....	140
<i>Усербаева С.С., Ахмедова Г.Р., Сакиева З.Ж.</i>	
«ПРИРОДООХРАННЫЕ МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВИНЦА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ АО «ПК «ЮЖПОЛИМЕТАЛЛ».....	144
<i>Акматаев К., Атамбаева Д.</i>	
НЕ АВТОКЛАВНЫЙ ПЕНОБЕТОН НА ОСНОВЕ МАГНЕЗИАЛЬНОГО ЦЕМЕНТА.....	146
<i>Алтаев М.А., Досмаканбетова А.А., Кумисбеков С.А., Мамыр А., Якубова М.З.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЗДУХА (ГАЗА) С ПЛЕНОЧНЫМ ИСТЕЧЕНИЕМ ЖИДКОСТИ ИЗ ПЕРЕЛИВНОГО УСТРОЙСТВА АППАРАТА.....	149
<i>Мусанов А., Шалбай А.</i>	
УСТОЙСТВО ДЛЯ БУРЕНИЯ СКВАЖИН ПНЕВМОУДАРНИКАМИ.....	153
<i>Сарыбаев Е.С.</i>	
РОЛЬ СЛОЖНОГО РЕЛЬЕФА В ПЛАНИРОВАНИЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ.....	156
<i>Жумабай Б., Турмухамбетов А.Ж.</i>	
НЕСИММЕТРИЧНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВИХРЕЙ В ТУРБУЛЕНТНОМ ТЕЧЕНИИ.....	158
<i>Алтаев М.А., Досмаканбетова А.А., Пазилова Г.Д., Сарбасов А., Балабеков О.С.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРУЙНОГО ПОТОКА ВОЗДУХА ( ГАЗА) С КАПЛЯМИ В АППАРАТЕ.....	164
<i>Апсеметов А.Т., Арыстанбаев К.Е., Утебаев Е.М.</i>	
ДВУХУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОТОЙ ПАРОВОГО КОТЛА.....	167
<i>Касимов А.О., Мамырбекова Н.Б.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРУППОВОГО ХАРАКТЕРА ОБСЛУЖИВАНИЯ ВЫЗОВОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБСЛУЖИВАНИЯ И ПРОПУСКНУЮ СПОСОБНОСТЬ РАДИО ИНТЕРФЕЙСА БАЗОВОЙ СТАНЦИИ СЕТИ ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ.....	172
<i>Самойлов В.И., Куленова Н.А., Борсук А.Н., Зеленин В.И., Оналбаева Ж.С., Байгазова Н.А.</i>	
КИНЕТИКА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СМЕСИ БЕРИЛЛИА, ФЕНАКИТА И БЕРТРАНДИТА, АКТИВИРОВАННОЙ ПЛАВКОЙ С ФЛЮСАМИ, С СЕРНОЙ КИСЛОТОЙ.....	176
<i>Байжуманова Ж.Д. Бейсембекова Р.Н.</i>	
СТРУКТУРА ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕССА НАДЕЖНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ.....	181
<i>Байжуманова Ж.Д., Бейсембекова Р.Н.</i>	
АРХИТЕКТУРА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ КОМПОНЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ.....	183
<i>Ахметов Б.С., Досжанова А.А., Иванов А.И., Картбаев Т.С., Малыгин А.Ю.</i>	
ТЕХНОЛОГИЯ БИОМЕТРИЧЕСКОГО ОБЕЗЛИЧИВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ИСТОРИЙ БОЛЕЗНЕЙ ПАЦИЕНТОВ МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЙ.....	186
<i>Жараспаев М.Т., Касенов К.М., Ким Д.С.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛУТОНИЯ НА ЖИВОЙ ОРГАНИЗМ С ПОМОЩЬЮ УСТАНОВКИ ЛАЗЕРНОГО НАГРЕВА ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА ДО ТЕМПЕРАТУРЫ ВЫШЕ 2000°С .....	190

<i>Генбач А.А., Олжабаева К.С., Олжабаев М.С.</i> ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КАМЕР СГОРАНИЯ И СОПЕЛ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК.....	199
<i>Акишев А.Х., Жунусов С.М., Абишева А.К.</i> ТЕМПЕРАТУРНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ И ТЕРМОСТОЙКОСТЬ ОГНЕУПОРНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	203
<i>Акишев А.Х., Жунусов С.М., Абишева А.К.</i> ХИМИЧЕСКИ СТОЙКИЕ ОГНЕУПОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ АГРЕССИВНЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	207
<i>Интыкбаев А.М., Жунусов С.М., Интыкбаев Д.А., Абишева А.К.</i> ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОДОСОДЕРЖАЩИХ ШЛАКОВ ПРИ КОНВЕРТИРОВАНИИ ШТЕЙНОВ.....	212
<i>Ефремова Ю.И.</i> ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМОЙ ТИРИСТОРНЫЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ - АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ .....	215
<i>Шайханова А.К., Жангисина Г.Д.</i> ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ОТ СЕТЕВЫХ АТАК .....	221
<i>Кушнир В.Г.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВОДОПОДЪЕМНЫХ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ПАСТБИЩ.....	224
<i>Кошкин И.В., Есимханов С.Б.</i> ПРОГРАММА ДЕЙСТВИЙ ПО УСТОЙЧИВОМУ РАЗВИТИЮ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АГРАРНОГО И ПРОМЫШЛЕННОГО СЕКТОРА КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ.....	229
<i>Есимханов С.Б., Кошкин И.В.</i> ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОНОМНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	234
<i>Генбач А. А., Жамбыл Г. Ж.</i> ПРЕДЕЛЬНЫЕ ТЕПЛОВЫЕ ПОТОКИ ПРИ ПЕРЕХОДНЫХ РЕЖИМАХ ТУРБИН ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ.....	239
<i>Генбач А.А., Исламов Ф.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИСОПЛОВОЙ ГАЛТЕЛИ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВКАХ.....	245
<i>Скаков М.К., Баятанова Л.Б.</i> ИЗМЕНЕНИЯ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ И МИКРОТВЕРДОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ СТАЛИ 18ХНЗМА-Ш ПОСЛЕ НИТРОЦЕМЕНТАЦИИ В ПЛАЗМЕ ЭЛЕКТРОЛИТА.....	249
<i>Хасанова Р.С.</i> ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРАНСПОРТА В РЕГИОНАХ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	255
<i>Суркова Т.Ю., Барменишинова М.Б., Гуцин А.П., Юлусов С.Б.</i> ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ОБОГАЩЕНИЕ КАРБОНАТНО-ФОСФАТНЫХ УРАНОВЫХ РУД .....	258
<i>Скаков М.К., Уазырханова Г.К., Попова Н.А.</i> ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАРБИДНЫХ ФАЗ В ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ ГОРЯЧЕДЕФОРМИРОВАННОЙ СТАЛИ 30ХГСА.....	263
<i>Скаков М.К., Уазырханова Г.К., Попова Н.А.</i> ИСТОЧНИКИ ВНУТРЕННИХ ПОЛЕЙ НАПРЯЖЕНИЯ И ЗАРОЖДЕНИЯ МИКРОТРЕЩИН В ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЯХ ДЕФОРМИРОВАННОЙ СТАЛИ 30ХГСА.....	270
<i>Ахметов Б.С., Захаров О.С., Иванов А.И., Малыгин А.Ю., Огнев И.В.</i> МЕТОД ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ПОЯВЛЕНИЯ ОШИБОК НЕЙРОСЕТЕВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ БИОМЕТРИЯ-КОД, ИСПОЛЬЗУЮЩИЙ ОЧЕНЬ МАЛЫЕ ТЕСТОВЫЕ ВЫБОРКИ .....	279
<i>Омаров К.А., Лунтун У.</i> ДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПНЕВМАТИЧЕСКОМ ПОЗИЦИОННОМ ПРИВОДЕ РОБОТА.....	283
<i>Мананбаева С.Е., Бегимбетова А.С., Санатова Т.С.</i> ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСОВ МЕТАНА ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АО ИНТЕРГАЗ ЦЕНТРАЛЬНАЯ АЗИЯ.....	286
<i>Мананбаева С.Е., Санатова Т.С.</i> АНАЛИЗ ВЫБРОСОВ МЕТАНА НА БАЗЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ.....	191
<i>Кулиев Ю.М., Гусманова А.Г., Сарбопеева М.Д.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОМЕНТА УПРУГИХ СИЛ, ВОЗНИКАЮЩЕГО В СЕЧЕНИИ ИЗГИБА ОТКЛОНИТЕЛЯ, УСТРАНЯЮЩЕГО КАСАНИЯ НАД ОТКЛОНИТЕЛЬНЫХ ТРУБ К ВЕРХНЕЙ СТЕНКЕ НАКЛОННОЙ СКВАЖИНЫ.....	295
<i>Байсаков Б.М., Зинель А., Айтлесова Г., Туякбаев А., Найзабаева Л.</i> РАСПОЗНАВАНИЕ ЛИЦ И ИХ ОТСЛЕЖИВАНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЛАТФОРМЫ АРДУИНО	299
<i>Исин Д.К., Байсанов С.О., Нурғали Н.З., Байсанов А.С., Исин Б.Д.</i> ДВУХСТАДИЙНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕРРОТИТАНА.....	304

<i>Абишева Б.Б., Маратов М.М., Сариев К.А., Байсаков Б.М.</i> РАСПОЗНАВАНИЕ И СЛЕЖЕНИЕ ЗА ХАРАКТЕРНЫМИ ТОЧКАМИ ЛИЦА В ВИДЕОПОТОКЕ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ.....	309
<i>Адыгузалзаде К.С.</i> СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ГИДРОРАЗРЫВА ПЛАСТА.....	314
<i>Касенов К.М., Жумагулова Р.Е., Ким Д.С.</i> РАДИАЦИОННАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБСТАНОВКА В ЯПОНИИ ЧЕРЕЗ ДВА ГОДА ПОСЛЕ АВАРИИ НА АЭС «ФУКУСИМА-1».....	317
<i>Айдарбеков Е.Қ.</i> ОСОБЕННОСТИ ЗИМНЕГО СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ И УЛИЦ С ПОЗИЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ.....	327
<i>Дасибеков А., Абжапбаров А.</i> РАСЧЕТ НЕОДНОРОДНЫХ УПРУГОПОЛЗУЧИХ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ПЕСЧАНОЙ ПОДУШКИ.....	332
<i>Куралбаев З.К., Ержан А.А.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ НЕЛИНЕЙНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ СХЕМЫ.....	337
<i>Балова Т.Г., Жомарткызы Г.</i> АВТОМАТИЧЕСКОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИХ КОЛЛОКАЦИЙ НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ.....	342
<i>Сладковский А., Мырзахметов Б.А., Айтореева Г.К., Сатыбалдин Қ., Талапбаев Т.</i> АВТОРЕГУЛИРУЕМЫЕ СТРУЙНЫЕ НАСОСЫ.....	347
<i>Сатыбалдиева Д.О.</i> НАХОЖДЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	351
<i>Кобдикова Ш.М., Богуспаев А.Б.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОСНАЩЕНИЕ МОРСКОГО ПОРТА АКТАУ .....	355
<i>Гакитетер Г.В., Зейнулина А.Ф., Корниенко П.В.</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К КАЧЕСТВУ И СИСТЕМА СТАНДАРТОВ НА ЦЕМЕНТ В КАЗАХСТАНЕ.....	360

#### **Химико-металлургические науки**

<i>Дюсенова С.Б., Линник К.А., Климова А.В., Карасева К.Г., Сажина Ю.Г.</i> ФЛОТАЦИОННОЕ ОБОГАЩЕНИЕ УПОРНОЙ ЗОЛОТОМЫШЬЯКОВОЙ РУДЫ.....	364
---	-----

#### **Физика-математика ғылымдары**

<i>Бейсебай П.Б., Мухамедиев Г.Х., Данаев Н.Т.</i> ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ СИСТЕМЫ РАЗНОСТНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ УРАВНЕНИЙ СВОБОДНОЙ КОНВЕКЦИИ.....	370
<i>Муканова Б.Г., Кулбай М.Н.</i> ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД РЕШЕНИЯ МНОГОМЕРНОЙ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКА МЕТОДОМ ФУРЬЕ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ.....	377

#### **Общественные науки**

<i>Тукеев У.А., Жуманов Ж.М., Рахимова Д.Р.</i> МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ПЕРЕВОДА ПРЕДЛОЖЕНИИ С КАЗАХСКОГО ЯЗЫКА НА АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК, С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАММАТИКИ СВЯЗИ И СТАТИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА.....	385
<i>Омарбаева Г.С.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ФЕНОМЕНА МЕТАФОРЫ КАК ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ.....	392

#### **Экономические науки**

<i>Акбисеков А.Т.</i> ФАКТОРЫ, ВОЗДЕЙСТВУЮЩИЕ НА РЫНОК НЕДВИЖИМОСТИ.....	397
---	-----

## CONTENTS

### Earth sciences

<i>Nursultanova S.G., Aripov B.S.</i> PASSIVE BOUNDARY AND FORMATION OF CARBONATE PLATFORM IN THE SOUTH-EAST SIDE OF THE PRICASPIAN BASIN.....	3
<i>Zhintimirov R.I., Daribaeva N.G.</i> ANALYTICAL REVIEW OF OFFSHORE DEPOSIT DEVELOPMENT IN THE WORLD AND KAZAKHSTAN.....	8
<i>Nursultanova S.G., Zhetpisbayev E.</i> PROSPECTS OF OIL AND GAS CONTENT PRE-JURASSIC DEPOSITS OF SOUTHERN TURGAY DEFLECTION.....	12
<i>Biletski M.T., Kasenov A.K., Sushko S.M.</i> THE PRACTICE OF INHIBITING DRILLING MUDS APPLICATION FOR THE PURPOSE OF PREVENTING GEOLOGICAL AGGRAVATIONS WHILE PENETRATING BULGING CLAYS.....	16
<i>Arshamov Ya.</i> TYPICAL TEXTURES AND GEOLOGICAL AND GENETIC TRAITS OF PORPHYRY COPPER DEPOSITS.....	22

### Technical sciences

<i>Praliyeva A.A.</i> THE STATE LAND CADASTER'S INFORMATIONAL PROVISION. ....	29
<i>Kussainov S.G., Kussainov A.S., Aitkulov M.T., Urazov M.B.</i> MULTIPURPOSE HOLOGRAPHIC OPTICAL ELEMENTS.....	34
<i>Mussabekov A., Ismailov S., Saribayev A.</i> THE RESEARCH OF EDUOTATION OF MIRROR CONCENTRATING SYSTEM MOVEMENT .....	40
<i>Yeryomin D.I., Ponyatov Y.A.</i> CONFIRMATION OF INFORMATION SECURITY PROBLEMS DEVELOPED INFORMATION SYSTEMS.....	47
<i>Zhumashev M.A.</i> CLOUD SERVICE TO SEND MESSAGES TO MOBILE DEVICES BASED ON ANDROID.....	55
<i>Ivanov I.M., Ponyatov Y.A.</i> THE USE OF MICROCOMPUTERS FRIENDLY ARM AS A PLATFORM FOR SATELLITE TERMINALS AND DATA COLLECTION.....	59
<i>Ivanov I.M., Torchik V.V.</i> ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF THE PLATFORM FOR THE DEVELOPMENT OF FLEX RIA-APPLICATIONS ON THE EXAMPLE OF THE CONTROL CENTER OF THE SYSTEM OF MONITORING OF MOBILE OBJECTS.....	64
<i>Aitchanov B. H., Baimuratov O. A.</i> STOCHASTICAL DISCRETE VOLTERRA MODELS OF DIGITAL DYNAMIC PULSE-FREQUENCY CONTROL SYSTEMS WITH DELAY.....	71
<i>Zhumashev M.A.</i> MESSAGING BETWEEN THE CLOUD AND THE DEVICE.....	77
<i>Kasymbekov Zh., Iskakova A.S.</i> THE USE OF SMALL HYDROELECTRIC POWER STATION AS A SOURCE OF AN ALTERNATIVE ENERGY SUPPLY.....	81
<i>Alzhanbayev S., Mukanov A.</i> INTERUNIVERSITY RESEARCH AND EDUCATIONAL CENTRE «CHS» AT KAZNTU.....	85
<i>Ospanova A., Berdiyeva M.</i> OPTIMAL MANAGEMENT FOR INDUSTRIAL OBJECTS.....	87
<i>Yeryomin D.I., Torchik V.V.</i> USING OF GEOSTATIONARY MOBILE SATELLITE COMMUNICATIONS INMARSAT FOR MONITORING OF CRITICAL FACILITIES AND SUPPLIES.....	93
<i>Shevtsova V., Kaldybayeva S., Akubayeva D.</i> INFORMATIZATION OF SYSTEMS FOR LIFE SAFETY.....	97
<i>Myrzakhmetov Ye.B., Tohtamysova S.M., Rakhmankulov D.D., Myrzakhmetov B.A., Akbayeva D.N.</i> EN ROUTE MECHANICAL ACTIVATION OF VISCOUS OIL AND OIL PRODUCTS PROCEEDING OF RAILROAD TANK CARS .....	101
<i>Abildabekova D.D., Karymsakov U.T.</i> GEOSUBWAY-GRAPHIC PREPARATION OF BACHELORS OF CONSTRUCTION SPECIALTIES.....	107

<i>Sidorova N.V., Otarov M.A.</i> SMALL WASTEWATER TREATMENT FACILITIES .....	111
<i>Bolatghanuly T.</i> ON THE DEVELOPMENT CONCEPT OF INFORMATION SYSTEMS FOR MANAGEMENT DECISION SUPPORT .....	116
<i>Kusainov S.G., Kusainov A.S., Buktukov N.S., Nurahmetova K.K.</i> THE PROBLEMS OF TRANSFORMATION OF SOLAR ENERGY.....	120
<i>Zhapsarbay N.B.</i> JUSTIFICATION INTEGRATED GAS PROCESSING AND SELECT THE SETTING UNIT-4, 38 IN THE FIELD AMANGELDY GAS.....	125
<i>Sydykov R. A, Mamyrova A.K</i> USE OF MODERN VIDEOS AND AUDIO OF FORMATS FOR REPRODUCTION OF VIDEOCLIPS ON THE WEB PAGE.....	128
<i>Abdisaev B.A.</i> MODERN PROBLEM TASKS OF THE CADASTRAL ACCOUNTING OF MINERAL RAW MATERIAL RESOURCES.....	133
<i>Shevtsova V., Kaldybayeva S., Akubayeva D.</i> RESEARCH OF ACOUSTIC DAMPING PROPERTIES OF DAMPING ALLOYS AT ELEVATED TEMPERATURES.....	137
<i>Yeskendirova D.M., Seydakhmetov B.T.</i> THE THEORETICAL BASICS FOR THE CREATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN PATTERN RECOGNITION.....	140
<i>Usserbayeva S.S., Akhmedova G.R., Sakiyeva Z.Zh.</i> THE NATURE PROTECTION ACTION FOR DECREASING THE INFLUENCE OF LEAD ON ENVIRONMENT AO «PK «YUZHPOLIMETALL.....	144
<i>Akmalayev K., Atambayeva D.</i> NON – AUTOCLAVED MAGNESIUM CEMENT – BASED FOAM CONCRETE.....	146
<i>Altayev M.A., Dosmakanbetova A.A., Kumisbekov S.A., Mamir A., Yakubova M.Z.</i> MODELING OF A MODE OF INTERACTION OF AIR (GAS) WITH THE FILM EXPIRATION OF LIQUID FROM THE OVERFLOW DEVICE OF THE DEVICE.....	149
<i>Musanov A., Shalbay A.</i> THE DESIGN FOR DRILLING WELLS BY MEANS OF PNEUMATIC PERCUSSION MACHINES.....	153
<i>Sarybayev E.</i> THE ROLE OF THE RELIEF IN THE PLANNING OF SETTLEMENTS.....	156
<i>Zhumabay B., Turmukhambetov A.</i> ASYMMETRIC INTERACTION OF EDDIES IN A TURBULENT FLOW.....	158
<i>Altayev M.A., Dosmakanbetova A.A., Pazilova G.D., Sarbasov A., Balabekov O.S.</i> MODELING OF A MODE OF INTERACTION OF A JET STREAM OF AIR (GAS) WITH DROPS IN THE DEVICE.....	164
<i>Apsemetov A.T., Arystanbayev K.E., Utebayev E.M.</i> TWO- LEVEL SYSTEM OF AUTOMATIC OPERATING CONTROL OF STEAM BOILER.....	167
<i>Kasimov A.O., Mamyrbekova N.B</i> RESEARCH OF THE IMPACT THE GROUP NATURE OF SERVICE CALLS ON THE FEATURES OF SERVICE AND CAPACITY RADIO INTERFACES OF THE MOBILE NETWORK.....	172
<i>Samoilov V.I., Kulenova N.A., Borsuk A.N., Zelenin V.I., Onalbayeva Zh.S., Baigazova N.A.</i> INTERACTION KINETICS ACTIVATED BY MELTING WITH FLUXES OF MIX WITH BERYL, PHENAKITE AND BERTRANDITE MIX WITH SULFURIC ACID.....	176
<i>Baizhumanova Zh., Beisembekova R.</i> THE STRUCTURE OF THE PROCESS TO ENSURE THE RELIABILITY OF DISTRIBUTED COMPUTER SYSTEMS.....	181
<i>Beisembekova R., Baizhumanova Zh.</i> ARCHITECTURE OF COOPERATION OF COMPONENTS OF THE DISTRIBUTED COMPUTER SYSTEMS.....	183
<i>Akhmetov B.S., Doszhanova A.A., Ivanov A.I., Kartbayev T.S., Malygin A.Yu.</i> TECHNOLOGY OF BIOMETRIC ANONYMIZATION OF ELECTRONIC MEDICAL HISTORIES OF PATIENTS.....	186
<i>Жараспаев М.Т. , Касенов К.М., Ким Д.С.</i> INVESTIGATION OF THE EFFECT OF PLUTONIUM ON A LIVING ORGANISM BY MEANS OF A FACILITY FOR LASER HEATING OF NUCLEAR FUEL TO ABOVE 2000°C.....	190
<i>Генбач А.А., Олжабаева К.С., Олжабаев М.С.</i> IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE COMBUSTION CHAMBERS AND NOZZLES POWER PLANTS.....	199

<i>Akishev A.H., Zhunusov S.M., Abisheva A.K.</i> THERMAL STRESSES AND THERMAL STABILITY OF REFRACTORY PRODUCTS.....	203
<i>Akishev A.H., Zhunusov S.M., Abisheva A.K.</i> CHEMICAL-RESISTANT REFRACTORY MATERIALS FOR CORROSIVE HIGH TEMPERATURE PROCESSES.....	207
<i>Intykbaev A.M., Zhunusov S.M., Abisheva A.K.</i> USE POSSIBILITY СОДОСОДЕРЖАЩИХ SLAGS AT CONVERTING.....	212
<i>Efremova Y.I.</i> OPTIMAL CONTROL SYSTEM VOLTAGE THYRISTOR-INDUCTION MOTOR.....	215
<i>Shaikhanova A.K., Zhangisina G.D.</i> DATA PROTECTION FROM NETWORK ATTACKS.....	221
<i>Kushnir V.G.</i> IMPROVEMENT OF WATER-LIFTING MACHINES FOR PASTURE.....	224
<i>Koshkin I., Esimkhanov S.</i> THE PROGRAM OF ACTIONS BY STABLE DEVELOPMENT OF THE ELECTRIC SUPPLY SYSTEM FOR AGRICULTURAL AND INDUSTRIAL SECTOR OF KOSTANAY OBLAST .....	229
<i>Yessimkhanov S.B., Koshkin I.V.</i> PRODUCTION TESTS OF SYSTEM OF THE INDEPENDENT ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE OF AGRICULTURAL PURPOSE.....	234
<i>Genbach A., Zhambyl G.</i> LIMIT HEAT FLUXES WITH TRANSIENTS TURBINE POWER PLANTS.....	239
<i>Genbach A.A., Islamov F.A.</i> RESEARCH THE NOZZLE FILLET IN POWER INSTALLATIONS.....	245
<i>Skakov M., Bayatanova L.</i> STRUCTURAL-PHASE STATE AND MICROHARDNESS CHANGES OF 18CRNI3MO STEEL SURFACE LAYERS AFTER CARBONITRIDING IN PLASMA ELECTROLYTE .....	249
<i>Khasanova R.</i> IMPROVING THE QUALITY OF INFORMATION PROVISION OF TRANSPORT IN THE REGIONS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN.....	255
<i>Surkova T., Barmenshinova M.B., Gushin A., Yulusov S.</i> PRECONCENTRATION OF CARBONATE-PHOSPHATE URANIUM ORES.....	258
<i>Skakov M.K., Uazyrkhanova G.K., Popova N.A</i> LAWS OF CARBIDE PHASES REDISTRIBUTION IN THE SURFACE LAYERS OF HOT- DEFORMED 30CRMNSI STEEL.....	263
<i>Skakov M.K., Uazyrkhanova G.K., Popova N.A</i> SOURCES OF INTERNAL STRESS FIELDS AND MICROCRACKS NUCLEATION IN DEFORMED 30CRMNSI STEEL SURFACE LAYERS .....	270
<i>Akhmetov B.S., Zakharov O.S., Ivanov A.I., Kartbaev T.S., Malygin A.Y., Ognev I.V.</i> METHOD OF THE ASSESSMENT OF EMERGENCE PROBABILITIES OF ERRORS OF NEURONETWORK CONVERTERS THE BIOMETRICS-CODE, USING VERY SMALL TEST SELECTIONS.....	279
<i>Omarov K., Lundun U.</i> DYNAMIC PROCESSES IN THE PNEUMATIC POSITION DRIVE OF THE ROBOT.....	283
<i>Mananbayev S., Begimbetova A., Sanatova T.</i> ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF EMERGENCY METHANE EMISSIONS FROM PROCESS EQUIPMENT JSC "INTERGAS CENTRAL ASIA.....	286
<i>S.Mananbayev, T.Sanatova</i> THE ANALYSIS OF EMISSIONS OF METHANE ON THE BASIS OF ENVIRONMENTAL MONITORING OF A GAS TRANSMISSION SYSTEM.....	191
<i>Kulyev Y.M., Gusmanova A.G., Sarbopeeveva M.D.</i> THE TIMING OF THE ELASTIC FORCES GENERATED IN BENDING SECTION WHIPSTOCK, ELIMINATING OTKLONITELNYH TOUCH OVER THE TOP WALL PIPE DOWNHOLE.....	295
<i>Baisakov B.M., Zinel A., Aitlessova G., Tuyakbayev A., Naizabayeva L.</i> FACE DETECTION AND TRACKING USING ARDUINO PLATFORM.....	299
<i>Issin D.K., Baissanov S.O., Nurgali N.Z., Baissanov A.S., Issin B.D.</i> TWO-STAGE TECHNOLOGY OF FERROTITANIUM PRODUCTION.....	304
<i>Abisheva B., Maratov M., Sariyev K., Baysakov B.</i> FACIAL FEATURE POINT DETECTION AND TRACKING IN A VIDEO SEQUENCE IN REAL- TIME.....	309
<i>Adyguzalzade K.S.</i> MODERN METHODS OF OPTIMIZING HYDRAULIC FRACTURING.....	314

<i>Kasenov K., Zhumagulova R., Kim D.</i> RADIATION ECOLOGICAL SITUATION IN JAPAN, TWO YEARS AFTER THE ACCIDENT AT THE NUCLEAR POWER PLANT «FUKUSHIMA-1».....	317
<i>Aidarbekov E.K.</i> FEATURES OF THE WINTER MAINTENANCE OF ROADS AND STREETS FROM THE PERSPECTIVE OF ROAD SAFETY.....	327
<i>Dasibekov A., Abzhapbarov A.A.</i> THE CALCULATION OF HETEROGENEOUS ELASTIC, CREEPING SOIL FOUNDATIONS AT ARRANGEMENT OF SAND BED.....	332
<i>Kuralbaev Z.K., Yerzhan A.A.</i> DETERMINING THE SENSITIVITY OF NONLINEAR ELECTRONIC SCHEMES.....	337
<i>Balova T., Zhomartkyzy G.</i> AUTOMATIC EXTRACTION OF TERMINOLOGICAL COLLOCATION OF THE SCIENTIFIC TEXTS .....	342
<i>Sladkovski A., Myrzakhmetov B.A., Aitoreeva G.K., Satybaldin K., Talapbayev T.</i> AUTOMATICALLY CONTROLLED JET PUMPS.....	347
<i>Satybaliyeva D.</i> FINDING OF OPTIMAL DECISION OF TRANSPORTATION PROBLEM BY METHOD OF MATHEMATICAL SIMULATION.....	351
<i>Kobdikova Sh., Boguspayev A.</i> DEVELOPMENT PROSPECTS OF TECHNICAL EQUIPMENT AT AKTAU SEAPORT.....	355
<i>Gakhteter G.V., Zeynulina A.F., Kornienko P.V.</i> MODERN QUALITY REQUIREMENTS AND SYSTEM STANDARDS FOR CEMENT IN KAZAKHSTAN.....	360

#### **Chemico-metallurgical sciences**

<i>Dusenova S., Linnik K., Klimova A., Karaseva K., Sazhin Yu.</i> FLOATED PREPARATION OF REFRACTORY ORE.....	364
--	-----

#### **Physico-mathematical sciences**

<i>Danaev N.T., Beisebay P.B., Mukhamediyev G.K.</i> AN ALGORITHM FOR THE NUMERICAL SOLUTION OF THE SYSTEM OF DIFFERENCE STATIONARY EQUATIONS OF NATURAL CONVECTION.....	370
<i>Mukanova B., Kulbay M.</i> DIGITAL METHOD OF THE DECISION OF MULTIDIMENSIONAL INVERSE PROBLEM OF THE INDENTATION OF THE SOURCE BY FURIE METHOD FOR THE CONTROL OF THERMAL CONDUCTIVITY .....	377

#### **Social sciences**

<i>Tukeyev U.A., Zhumanov Zh.M., Rakhimova D.R.</i> MODELS AND ALGORITHMS OF TRANSLATION OF THE KAZAKH LANGUAGE SENTENCES INTO ENGLISH LANGUAGE WITH USE OF LINK GRAMMAR AND THE STATISTICAL APPROACH.....	385
<i>Omarbayeva G.S.</i> STUDY OF METAPHOR PHENOMENON AS THE FUNCTIONAL SYNERGETIC SYSTEM.....	392

#### **Economical sciences**

<i>Akbissekov A.T.</i> THE FACTORS INFLUENCING THE MARKET OF REAL ESTATE.....	397
--	-----

Редакторы: *Н.Ф. Федосенко*

Верстка на  
компьютере: *Л.Т. Касжанова*

Подписано в печать 24.05.2013 г.  
Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Усл. п.л 25,9.  
Тираж 500 экз. Заказ №171.

Адрес редакции:  
ул. Сатпаева, 22, КазНТУ каб. 904, тел. 292-63-46  
Отпечатано в Информационно-издательском центре  
Казахского национального технического университета имени К.И. Сатпаева