

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

Салаватқызы Махаббат  
Хасенова Эльмира

Жерасты сілтілеу арқылы уран өндіруді басқару жүйесін Matlab және Comsol  
бағдарламалық пакетінде зерттеу

Дипломдық жобаға  
**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

5B070200—«Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

Автоматтандыру және басқару кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ**

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. докторы, профессор

 Б.А. Сүлейменов

«24» мамыр 2020 ж.

«Жерасты сілтілеу арқылы уран өндіруді басқару жүйесін Matlab және Comsol бағдарламалық пакетінде зерттеу» тақырыбына

дипломдық жобаға

**ТҮСІНІКТЕМЕЛІК ЖАЗБА**

5B070200 –«Автоматтандыру және басқару» мамандығы

Салаватқызы Махаббат  
Хасенова Эльмира

Ғылыми жетекші  
тех. ғылымдарының магистрі.,  
лектор

 Исакова А.М.

«21» мамыр 2020 ж.

Алматы 2020

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Өнеркәсіптік автоматтандыру және цифрлау институты

«Автоматтандыру және басқару» кафедрасы

5B070200 - Автоматтандыру және басқару

**ҚОРҒАУҒА РҰҚСАТ**

Кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. докторы, профессор

 Б.А. Сүлейменов

«24» мамыр 2020 ж.

**Дипломдық жобаны дайындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушылар Салаватқызы Махаббат, Хасенова Эльмира

Жобаның тақырыбы: «Жерасты сілтілеу арқылы уран өндіруді басқару жүйесін Matlab және Comsol бағдарламалық зерттеу»

Университеттің «27» қаңтар 2020 жылғы ғылыми кеңесінің № 762- бшешімімен бекітілген.

Орындалған жұмыстың өткізу мерзімі «  » мамыр 2020 ж.

Дипломдық жұмыстың бастапқы мәліметтері: дипломалды практикасындағы жиналған мәліметтер.

Түсініктеме жазбаның талқылауға берілген сұрақтарының тізімі мен қысқаша диплом жұмысының мазмұны:

а) кіріспе;

б) технологиялық бөлім, арнайы бөлім;

в) экономикалық бөлім, еңбек қорғау бөлімі;

Графикалық материалдардың тізімі (міндетті түрде қажет сызбалар көрсетілген): автоматтық сұлбасы, принципіалдық сұлбасы, құрылымдық сұлба

Ұсынылған негізгі әдебиеттер

[1] Каракоцкая И.А. Математическая модель отработки месторождения способом скважинного подземного выщелачивания: дис. канд. физ. мат. наук: - Екатеринбург: Уральский государственный университет, 2006. – 143 с.




[2] Носков М.Д., Добыча урана методов скважинного подземного выщелачивания, Северск: 2010. – 83 с.

[3] Аликулов Ш.Ш. Совершенствование гидродинамического режима подземного выщелачивания урана с учетом кольтматации руд: автореф. ... канд. тех. наук. – М., 2011. – 87 с.


Дипломдық жобаны даярлау  
КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, дайындалатын сұрақтардың тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге өткізу мерзімі	Ескерту
Технологиялық бөлім	3 ақпан 2020ж.	
Арнайы бөлім	27 наурыз 2020ж.	

Аяқталған дипломдық жобаның және оларға қатысты диплом жобасы бөлімдерінің кеңесшілері мен нормалық бақылаушының қолтаңбалары

Бөлімдердің атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Экономикалық бөлім	А.М. Искакова техн.ғыл.магистрі Лектор	21.05.2020	
Қауіпсіздік және еңбекті қорғау бөлімі	А.М. Искакова техн.ғыл.магистрі Лектор	21.05.2020	
Нормалық бақылаушы	Н.С. Сарсенбаев техн. ғыл. кандидаты Ассистент-профессор	24.05.2020	

Ғылыми жетекшісі  А.М. Искакова

Тапсырманы орындауға қабылдаған білім алушы  Хасенова Эльмира

 Салаватқызы Махаббат

Күні « 27 » қаңтар 2020 ж.

## АҢДАТПА

Дипломдық жобада жерастылық сілтілеу арқылы уран өндірудің басқару жүйелері зерттелді. Технологиялық үрдістер мен уранның сілтілеу процесін толық автоматтандыру қарастырылған.

Кен орнын игерудің тиімділігі үшін жерастылық сілтілеу процестерін модельдеу жүргізілді. COMSOL Multiphysics модельдеу ортасында ұңғымалық әдістермен пайдалы компоненттерді өндіру процестерін болжау үшін математикалық модель құрылды. Алынған мәліметтерге талдау жасалды. Құрылған математикалық модельдер негізінде басқару жүйесінің мәселелері анықталды.

Жұмыста шығын өлшегіш қателігінің метрологиялық есептеулері жүргізілді. Сондай-ақ жерасты сілтілеу әдісімен уран өндіру моделін әзірлеуге арналған шығындардың есебі жүргізілді. Бұдан басқа, инженерлердің қауіпсіз жұмыс істеу үшін өрт қауіпсіздігі бойынша оңтайлы есептеулер жүргізілді.

## АННОТАЦИЯ

В дипломном проекте исследованы системы управления добычи урана подземным выщелачиванием. Изучены технологические процессы и автоматизация детального процесса выщелачивания урана.

Для эффективности отработки месторождения проводилось моделирование процессов подземного скважинного выщелачивания. Создана математическая модель для прогнозирования процессов добычи полезных компонентов скважинными методами в среде моделирования COMSOL Multiphysics. Выполнен анализ полученных данных. На основе построенных математических моделей выявлена постановка задачи системы управления.

В работе проведен метрологический расчет погрешности расходомера. Также проведен расчёт затрат на разработку модели добычи урана методом подземного выщелачивания. Помимо этого, произведены оптимальные расчеты пожарной безопасности помещения, для безопасной работы инженеров.

## **ABSTRACT**

In the diploma project the control system of uranium mining by underground leaching was investigated. Technological processes and automation of a detailed process of uranium leaching have been studied.

For the efficiency of field development the modeling of drillhole leaching processes was carried out. A mathematical model has been created for predicting the extraction of useful components by downhole methods in the COMSOL Multiphysics modeling environment. The analysis of the obtained data was performed. On the basis of the constructed mathematical models, the task of the control system is revealed.

A metrological calculation of the flow meter's error was performed. Also, the calculation of the costs required for the development of a model of uranium mining by the method of underground leaching has been done. In addition, the optimal calculations of fire safety of premises for the safe operation of engineers have been developed.

## МАЗМҰНЫ

Кіріспе	9
1 Жерасты сілтілеу технологиясының сипаттамасы	11
1.1 Жерасты сілтілеу әдісімен уран өндіру технологиясының сипаттамасы	11
1.2 Уран кен орындарының ерекшеліктері мен технологиялық топтары	13
1.3 СЕТТ және ӨЕҚТ технологиясының құрылымы. Кольматациялық құбылыстар. Деңгейді басқару	15
1.4 Тапсырманың қойылуы	21
2 Жерасты сілтілеу процесін сандық модельдеу	22
2.1 COMSOL Multiphysics-тегі модельдеу принциптері	22
2.2 Бөлінген есептерді шешу үшін ортаның ерекшеліктері. COMSOL Multiphysics және NX ортасын салыстырмалы талдау	23
2.3 Кен денесін сүзудің негізгі теңдеулері. Дарси Заңы	26
2.4 Кеніштің математикалық моделін құру	29
2.5 Жерасты сілтілеудің үшдеңгейлі процесін басқару	37
2.6 Жүйенің автоматикасының құрылымы мен құралдарын таңдау. Клапандардың түрлері	40
2.7 Matlab-да АРЖ реттегішінің параметрлерін баптау	44
3 Метрологиялық бөлімді есептеу	47
3.1 Сипаттамасы және техникалық ерекшеліктері	47
3.2 Шығынды өлшеу қателігін есептеу	48
4 Техникалық-экономикалық негіздеме	50
4.1 Уран өндіру кезіндегі сілтілеу моделінің сипаттамасы	50
4.2 Уран өндіру кезінде сілтілеу моделін әзірлеудің еңбек сыйымдылығын есептеу	51
4.3 Сілтілеу процесінің моделін әзірлеуге арналған шығындарды есептеу	54
4.4 Модель негізіндегі автоматтандырылған жүйенің экономикалық тиімділігінің көрсеткіштерін есептеу	58
4.5 Техникалық – экономикалық негіздеменің бөлімі бойынша қорытынды	60
5 Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі	61
5.1 Кеңсе типті үй-жайдағы еңбек жағдайларын талдау	61
5.2 Үй-жайлардың ішіндегі өрт қауіпсіздігін талдау	63
5.3 Өрт қауіпсіздігін есептеу	64
5.4 Тіршілік қауіпсіздігі бөлімі бойынша қорытынды	68
Қорытынды	70
Қолданылған әдебиеттер тізімі	71



## КІРІСПЕ

Уран радиоактивті элемент болып табылады, оның ыдырауы кезінде көптеген жылу бөлінеді. Уранның маңызды қасиеті-оның кейбір изотоптарының ядросы нейтрондарды басып алу кезінде бөлуге қабілетті, осындай процестің нәтижесінде босатылған энергияның көп мөлшері бөлінеді. Элементтің бұл маңызды қасиеті энергия көздері болып табылатын ядролық реакторларда қолданылады, сондай-ақ атом бомбасы әрекетінің негізі болып табылады.

Уранды өндіру әдістері мен уранды алу үшін қайта өңдеу параметрлерін таңдау көптеген факторларға тәуелді болады. Олар, бірінші кезекте, уран кен орнының геологиялық және геотехникалық сипаттамаларымен - оның минералогиясымен және жыныс типімен байланысты болады. Қарастыруды талап ететін қосымша факторлар ретінде шоғырдың орналасқан жері мен тереңдігі, орналасқан жері оң немесе теріс су теңгерімінде болуы, сондай-ақ бірқатар экологиялық және әлеуметтік-экономикалық факторлар болып табылады [1].

Уран кен орындары көптеген әртүрлі геологиялық орталарда, оның ішінде уранның жер үсті жинақтарында, әртүрлі магмалық жағдайларда, вулкандық құрылыстарда, сондай-ақ түрлі температуралық жағдайлардағы түрлендірілген және шөгінді жыныстарда қалыптасады. Кен орындарының геологиялық әртүрлілігіне байланысты өндіру түрін анықтау үшін бірыңғай әдіс жоқ.

Бүкіл әлемде уран кен орындарын өндірудің ең көп таралған түрі – шамамен 28% әлемдік уран ресурстарын қамтитын құмды типті. Дегенмен, бұл кен орындарын игеру нашар тығыздалған құмдарда сулы қабаттардың болуымен туындаған геотехнологиялық жағдайларды есепке алу қажеттілігіне байланысты күрделі болып келеді. Техникалық шарттардан туындаған мәселелерді жеңу үшін 1960 жылдары өндірудің жаңа әдісі - жер асты сілтілеу әдісі әзірленді.

Жерасты сілтілеу технологиясы уран минералдарын тікелей олардың сыйымды жыныстарында ерітуге негізделген. Кен орнында уран өндіру кендердің орналасқан жерінде химиялық ерітінділермен таңдап еріту және кейіннен құрамында уран бар ерітінділерді алу арқылы жүргізіледі.

Технология жер асты сілтілеу әдісімен уран кен орындарын пайдалану қолайлы сыйымды жыныстардың жоғары өткізгіштігін талап етеді. Уран өндірудің басқа әдістерімен салыстырғанда, жерасты сілтілеу технологиясының белгілі бір артықшылықтары бар. Басты артықшылық ретінде жоғары қысымды суланған горизонттарда жату тереңдігі өте үлкен болатын, құрамында уранның неғұрлым төмен, күрделі тау-кен техникалық және гидрогеологиялық жағдайлары бар кен орындарына қол жеткізу болып табылады. Басқа да артықшылықтары төмен шығындармен және өзіндік құнымен, экологиялық қауіпсіздігімен, сондай-ақ адамның қатысуын болдырмаумен сипатталады [1].

Уран көптеген елдер өнеркәсібінің негізгі саласы болып табылатын қазіргі уақытта өндірісті оңтайландыру және орналасуының күрделі жағдайлары бар уранды өндіру өткір мәселе болып тұр. Сондай-ақ кедей және баланстан тыс

кендерді өңдеуге тарту қосымша зерделеу және өндірудің жаңа құралдарын пайдалануды қажет етеді. Осыған байланысты ЖС-ды басқарудың тиімді жүйелерін әзірлеу өзекті болып отыр.

«КазАтомПром» кеніштерінің геотехнологиялық алаңдарында жер асты сілтілеу процесін тиімді басқару алгоритмдерін әзірлеу және модельдеу бүгінгі таңда өзекті, негізгі міндет болып табылады, себебі уран жаңғыртылатын көз болып табылмайды, демек одан әрі зерттеу және оңтайландыру қажет.

## **1 Жерасты сілтілеу технологиясының сипаттамасы**

Қазақстанда өнеркәсіптің жылдам дамуымен қатар пайдалы қазбаларды өндіруге геотехнологиялық көзқарас енгізілді және белсенді пайдаланылып жатыр. Әртүрлі кен орындарының деректерін статистикалық өңдеуге негізделген талдау уранның шоғырлануын геотехнологиялық өріс бойынша бөлу, ортаның өткізгіштік көрсеткіштері, сүзгілеу коэффициенті, уранды алу дәрежесі және басқа да геотехнологиялық көрсеткіштер туралы кең ауқымды ақпарат берді.

### **1.1 Жерасты сілтілеу әдісімен уран өндіру технологиясының сипаттамасы**

Жерасты сілтілеу әдістерінде күкірт қышқылының байытылған әлсіз ерітіндісі су тұтқыш қабатқа айдау ұңғымаларының қатары арқылы айдалады, онда олар су тұтқыш қабаттан баяу өтіп, уранды құрайтын негізгі кенді сілтілеу арқылы, орналасқан сору ұңғымаларына баратын жолда батырылған сорғылар қаныққан уран құрамды кенді одан әрі өңдеу үшін айдайды. Өндіруден кейін сулы горизонт механикасының табиғи жағдайын қалпына келтіру кіру және шығу ұңғымаларын өшіру арқылы қол жеткізіледі. Толық қалпына келтіру үшін қажетті уақыт шамамен 20 жылға дейін, қолданылатын сүзгіге байланысты болады.

Жер асты сілтілеу әдісін қолдану үшін жеткілікті негізгі шарт кен денесінің жақсы өткізілетін геологиялық ортада қолайлы орналасуы болып табылады, яғни кен сыйатын горизонттың табиғи және жасанды өткізгіштігі болуы тиіс. Бұдан әрі блоктар мен ұяшықтарға біріктірілген айдау және сору ұңғымаларын дұрыс орналастыру қажет. Уранды өндірудің дәстүрлі әдістеріне қарағанда жерасты сілтілеу әдісі күрделі құрылымдар мен өндірістік жүйелерді талап етпейді[2].

Мамандандырылған зауыттарда кенді гидрометаллургиялық өндеуден айырмашылығы - жер асты сілтілеу тәсілі табиғи ортада жүргізіледі. Бұл, бірінші кезекте, жоғары температура мен қысым сияқты сілтісіздендіру реакцияларын жүзеге асыру үшін ерекше жағдайларды сақтаудың қажеттілігі жоқ болғандықтан, тек уранды ерітіндіге беруді жеделдету үшін пайдаланылатын кіріс реагентінің концентрациясы мен жылдамдығын ескеру қажет.

Уран өндірудің тұрақты қарқынын қамтамасыз ету үшін жерасты сілтілеу ұңғымалық қондырғылары жүйелі түрде орналастырылуы тиіс. Бұл процестің жылдамдам болуына жету үшін қажет. Блоктың кейбір ұяшықтары сілтіленіп, басқалары өндіріске дайын тұрады. Яғни, бір бірлік пассивті тотығуға ұшырағанда, екіншісі сілтілеудің соңғы фазасында, ал келесісі тотығу кезеңінде болады.

Сілтісіздендіру ерітінділерінің қозғалысы жер астында сілтісіздендіру кезінде кеуекті жолдар бойынша, әдетте, қабаттың өткізгіштігінің өзгеруімен қатар жүреді. Бұл өзгерістің дәрежесі мен сипаты реагенттің табиғатына және концентрациясына, сондай-ақ жыныстың минералдық құрамына байланысты болады. Тұрақты және табиғи ағынның әсерінен қозғалатын жер асты суларынан айырмашылығы - белсенді химиялық ерітінді өткізгіштіктің өзгеруімен кеуекті орта арқылы өтеді.

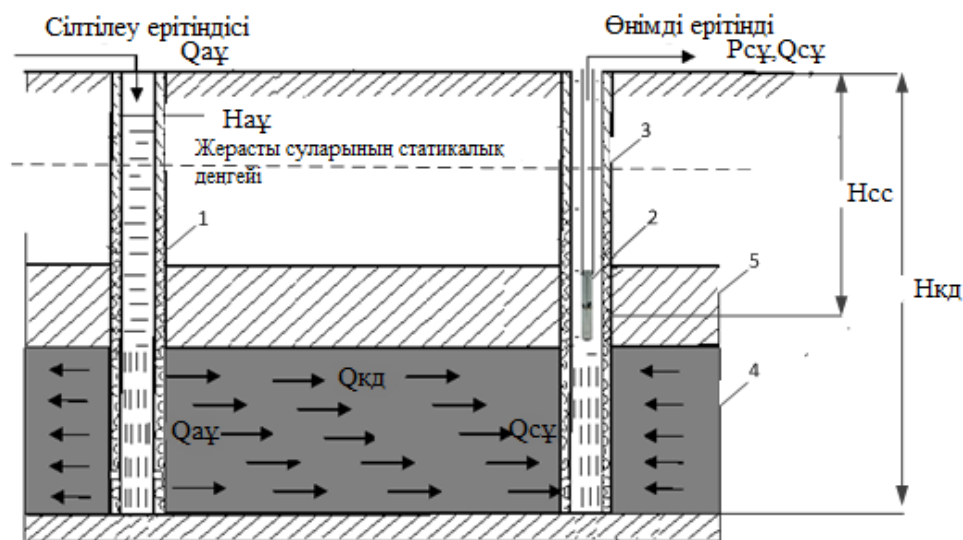
Уран кен орнындағы процестер жалпы мағынада екі үлкен бөлімге бөлінеді: өндіру және өңдеу. Өндіруге жерасты бөлігіндегі барлық физикалық заңдары мен химиялық реакциялары және дайын өнімді одан әрі сору жатады.

Батырылатын сорғылар бастапқыда табиғи жер асты суларын уран жасаудың кешенді реакциясының реагенттері қосылғанға дейін және ұңғымалық алаңға айдалып, тотықтырып айдалғанға дейін сулы горизонттан шығарады. Сілтісіздендіру қалдықтары орнында уран минералдарын тотықтыру және еріту үшін кен арқылы өтеді [3].

Жер үсті бөлігіне кенді өңдеу жатады. Яғни, сору ұңғымасынан уран бар ерітінді тазарту қондырғысына айдалады, онда уран ионды алмасу немесе еріткішпен экстракция сияқты дәстүрлі өңдеу технологияларының көмегімен жойылады. Ерітіндінің көп бөлігі айдау ұңғымаларына оралады, бірақ басқа бөлігі ағынды су ретінде алынады. Бұл су радиеммен, мышьякпен және темірмен ластанғандықтан, барий хлориді буландыру бассейндерінде оны кәдеге жарату алдында родияны тұндыру үшін қосылады (радий қауіпсіздік мақсатында жойылады). Ағынды суларды бұру жер асты сулары деңгейінде сирету конусының салдары ретінде қоршаған су тұтқыш қабаттан ұңғыма алаңына жер асты суларының тұрақты ағуын қамтамасыз етеді. Бұл геотехнологиялық өрісте уранның жоғалуын да, экологиялық және экономикалық пайымдауларды ескере отырып, сулы горизонттағы қоршаған жүйесінің ластануын да болдырмайды [4].

Жер асты сілтілеудің технологиялық схемасының элементтері. Бұл әдіс кен денесі қол жетімді болатын жерде, жер асты су тұтқыш горизонтта (5) 1.1-суретте көрсетілгендей орналасқан кен орындары үшін қолайлы. Айдау немесе сору ұңғымалары (1) арқылы құрамында уран бар горизонтқа күкірт қышқылының сілтісіздендіру (жұмыс) ерітіндісі құйылады, ол уран минералдарын ерітеді. Кенді горизонтта ағатын диффузия мен химиялық реакциялар нәтижесінде реакцияға уран минералдары мен сілтілендіруші реагенттері жер асты су горизонтының құрамында уран өнімдік ерітінді түзіледі, ол одан әрі өңдеу үшін дайын өнімді жылдам айдау үшін батырмалы сорғылар (2) орнатылған сору ұңғымалары жүйесі (3) арқылы жер бетіне түседі. Кен қабатынан (4) уранды алу кен орнының барлық ауданы бойынша орналасқан технологиялық ұңғымалар жүйесінің көмегімен жүргізіледі.

Сілтілеу ерітінділерін ұңғымаларға беру (айдау) айдау ұңғымаларының көмегімен жүзеге асырылады. Ұңғымалар кіретін ерітіндіні құю үшін, сондай-ақ құрамында уран бар кенді сору үшін міндетті түрде перфорациялануы тиіс. Бұл сілтісіздендіру реакциясының өтуі үшін қажет.



1.1 Сурет - Уранды жерасты сілтілеудің технологиялық схемасы

## 1.2 Уран кен орындарының ерекшеліктері мен технологиялық топтары

Жер асты сілтілеу ұңғымаларының конструкциясы кен орнының су өткізгіштігі, құм қалыңдығы, кен орнының типі, кеннің сорты және таралуы сияқты жағдайларына байланысты қатты түрленеді. Пайдаланылатын сызбаның түріне қарамастан, сілтілеу үшін кен денесіне ерітіндіні енгізу үшін айдау ұңғымаларының және қайта өңдеу қондырғысына қайта өңделмеген ерітіндіні беру үшін пайдаланылатын батырмалы сорғылары бар өндіру ұңғымаларының қоспасы бар.

Бұл кен орындарын орнату құны әдетте жоғары, сондықтан уранды барынша өндіруді қамтамасыз ету үшін мынадай қайталама шаралар қабылдануы мүмкін:

- кері ағындар-айдау ұңғымаларын өндіру ұңғымаларына қажет жерде түрлендіру ;

- ұңғымаларды толтыру-еңісі жоғары аймақтардан алуды ұлғайту үшін.

Модельдің қандай түрі пайдаланылмаса да, ұңғымалық өрістер уранның сарқылуына қарай кен денесінің үстінен біртіндеп орнатылады. Бақылау ұңғымаларының бірқатары міндетті түрде әрбір минералдандырылған аймақтың айналасында кен құрамды сұйықтықтардың өндіру аумағынан тыс кез келген қозғалысын анықтау үшін орналасады. Ұңғымалар кіру реагенті тек кен аймағына ғана түсіп, одан шығып, жоғарыда тұрған қандай да бір сулы қабаттарға әсер етпейтіндей етіп жасалған [4].

Уранның басым бөлігі пайдаланудың алғашқы алты айы ішінде алынады. Ең табысты кен өндіру 80% - ға, ал кен орнынан ең аз өндіру ,шамамен, 60% - ға жетті. Сулы горизонт арқылы прогрессивті ағын, сондай-ақ, өтетін шөгінділерде балшықты және басқа да қоқысты кідіртеді. Қажет

емесбөлшектерден жоғары қысымда айдауды пайдалана отырып, кейбір дәрежеде ығыстыру жолымен немесе айдау және өндіру ұңғымаларының арасындағы ағысты өзгерту жолымен құтылуға болады. Алайда, айдау ұңғымаларының өткізу қабілеті, әдетте, ұңғыманың қызмет ету мерзімі ішінде үнемі төмендеу үрдісіне ие.

Өнеркәсіп ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізу арқылы алынған жер асты сілтілеу әдісінің әр түрлі аспектілерін, әдістің сипаттамасын ескеріп, дәстүрлі тау-кен әдісімен салыстырғанда әдістің артықшылықтары мен кемшіліктерін алды.

Жерасты сілтілеу әдісінің келесі артықшылықтары анықталды:

- кен орнын игеру және салу шығындарын 2-3 есеге қысқарту, өйткені уранды тау-кен өндіру кезінде маңызды күрделі құрылыстар салудың қажеттілігі жоқ;

- физикалық еңбекті болдырмау есебінен өнімділікті арттыру;

- уран құрамындағы кенге жер асты сілтілеу әдісімен кен орындарын өндіру әдісімен кедей екенін ескере отырып, өнімнің шығындары мен өзіндік құнын 2-2,5 есе төмендету;

- кен қабаттарынан уранды алудың жоғары коэффициенті;

- күрделі кен-геологиялық және гидрогеологиялық жағдайлары бар кен орындарында уран өндіру мүмкіндігі;

- жерасты сілтілендірудегі жарылыстар сияқты қажетсіз және ең қымбат тұратын уранды өндіру циклінен ұңғыманы зияны аз және қымбат емес бұрғылауға ауыстырылады;

- құрамында уран бар ерітінділерді өндіру және қайта өңдеу процесінен адамды толық автоматтандыру және шығару мүмкіндігі;

- жер қойнауы мен қоршаған ортаға зиянды әсері аз.

Жер асты сілтілеу әдісінің қасиеттерінің көп екенін ескере отырсақ, бұл әдісті орындау оңай емес. Әдіс кен орнының ерекшеліктерінен бастап, реттеуші клапандарды таңдаумен аяқталады. Автоматтандырудың кез келген басқа процесі сияқты өндіруден қайта өңдеуге дейінгі барлық үдеріске маңызды көзқарас қажет [5].

Кен орнының жер асты сілтілеу үшін қолайлы екенін анықтайтын маңызды факторлардың бірі болып қолайлы гидрогеологиялық орта саналады. Уранды сілтілеу процестеріне әсер ететін гидрогеологиялық факторлар: су тұтқыш қабаттардың саны мен сипаты, оларды сумен жабдықтау, жер бетінен судың статикалық деңгейінің тереңдігі және олардың су тұтқыш қабаттың деңгейінен жоғары орналасуы (арын), жер асты суларының қозғалыс бағыты мен жылдамдығы және сыйымды жыныстар мен кендердің өткізгіштігінің қасиеттері, сондай-ақ олардың қабатының қалыңдығы. Сондай-ақ су тасушы деңгейлер арасындағы гидравликалық байланыс, желденіп қалған шектейтін сулардың, қабаттардың болуы, жер асты суларының химиялық құрамы мен температурасы маңызды болып табылады [5].

Уранды жерасты сілтілеу арқылы өндіру үшін ең тиімді уран кен орындары құмтастың суға қаныққан түрі болып табылады. Рулонды кен орындарында уранның ең көп шоғырлануы, әдетте, кенді сыйымды жыныстар көкжиегінің ортасы бойынша байқалады. Әдетте, бұл аймақ саз сияқты ұсақ түйіршікті материалдың жоғары концентрациясы бар қабаттарда кездесетін қабаттарға қарағанда үлкен өткізгіштікке ие. Құмтас түріндегі кен орындарынан уран алудың күрделілігі бірнеше факторлардың салдары болып табылады:

- кендегі уранның төмен құрамы;
- кендегі судың молдығы және жоғары жатқан тастар (тереңірек жатқан жерлер (500 метрге дейін және одан да көп));
- жер асты суларының қысымы (бірнеше ондаған атмосфераға жетеді);
- жиі өтетін құм-сазды шөгінділердің болуы.

Барлық осы факторлар қабылдануы қажет арнайы шараларды талап етеді және жер асты ұңғылап сілтілеу әдісінің болуын талап етеді[6].

### **1.3 СЕТТ және ӨЕКТ технологиясының құрылымы. Кольматациялық құбылыстар. Деңгейді басқару**

Сору ұңғымаларының дебиті  $10-12 \text{ м}^3 / \text{сағ}$ , айдау ұңғымаларының қабылдағыштығы  $2,5-5 \text{ м}^3 / \text{сағ}$ . Ұңғыманың орташа тереңдігі, әдетте, 600 метр, диаметрі 161 мм. сору ұңғымаларының жоғарғы бөлігі 115 метр тереңдікке батыру сорғыларын орнату үшін 295 мм диаметрге дейін кеңейтілген.

Конструктивті түрде ұңғымалар бас тіреуіштен, шегендеу бағанасы, саңылаулы сүзгі және тұндырғыштан тұратын бағананы білдіреді. Айдау және сору ұңғымаларының сағалары оларға бекітілетін жабдықтардың механикалық жүктемесін көтеруге қабілетті төмен қысымды полиэтиленнен (ТҚП) жасалған бас тіреуіштермен жабдықталады. Сору ұңғымаларының қажетті дебитін және өнімді ерітінділерді өнеркәсіптік алаң жинағышына дейін тасымалдау мүмкіндігін қамтамасыз ету үшін батырмалы сорғыларды пайдалана отырып, ерітінділерді көтерудің эрлифті сорғы тәсілі қабылданды. Сілтісіздендіру ерітінділерін ұңғымаларға беру (айдау) тапсырыстық сорғылармен, 67 атмосфераның қысымымен, орталық сорғы станциясынан жүзеге асырылады. Ұңғымалық сорғыларды басқару өнімді ерітінділерді қабылдау торабынан (ӨЕКТ) жүзеге асырылады. Жалпы технологиялық ұңғымалар полигонын байлауға кіреді:

– өнеркәсіптік алаңдағы күкірт қышқылы қоймасынан бастап полигон аймақтарына дейінгі ҚТ магистральдық ерітінді құбырлары және ТТ құм тұндырғыштарына дейінгі қышқылдық құбырлар;

– ерітінділерді қышқылдандырудың учаскелік технологиялық торабы (ҚТТ);

– учаскелік өнімді ерітінділерді қабылдау торабы (ӨЕКТ).

Сілтілеу процесі өтуінің «тазалығын» қамтамасыз ету үшін ҚТ жеке магистральдық құбыр желісі полигонынан өндірістік алаңшада орналасқан ҚТ құм тұндырғышқа дейін төсеу көзделген. Тәжірибелік учаскеге ҚТ-н беру жеке ҚТТ арқылы, сондай-ақ жалпы магистральдан жүзеге асырылады.

Ерітінділерді қышқылдандырудың технологиялық торабы (ҚТТ). Қышқылданудың технологиялық торабында мыналар орнатылады:

–сілтідендіру ерітінділерін қышқыл өткізгіштен күкірт қышқылымен қышқылдандыру жүргізілетін дозалаушы араластырғыш;

–бекіту арматурасы, кері клапандар және қыздыру ерітінділерінің құбырларындағы және араластырғышқа қышқылды беру желілеріндегі реттеуші ысырмалар;

–араластырғыштан айдау ерітінділері құбырының шығысындағы кислотомері;

–бақылау және есепке алу аспаптары.

Сілтілеу ерітінділерін айдау ұңғымалары бойынша ажырату ТҚП-40 құбырларымен орындалады [6].

Өнімді ерітінділерді тарату торабы (ӨЕТТ).

Өнімді ерітінділерді тарату торабында орнатылады:

– ерітінділерді жинау және оларды магистральдық құбырға беру арқылы жүргізілетін араластырғыш;

–араластырғыштан өнімді ерітінділер құбырының шығысындағы бекіту арматурасы мен кері клапандар;

–сору ұңғымаларының әрқайсысына өнімді ерітінділердің құбыржолдарындағы электр немесе пневможетегі бар бекіткіш арматура, кері клапандар және реттеуші ысырмалар;

– Бақылау және есептеу аспаптары:

– Ұңғымаларға және ӨЕТТ арналған ӨЕ көлемінің шығын өлшеуіштері мен интеграторлары;

–әрбір ұңғымадан ӨЕ беру желілеріндегі манометрлер;

–батырмалы сорғылардың жұмысының авариялық режимдерін бақылау және сигнал беру аспаптары.

Өнімді ерітінділерді сору ұңғымаларынан ӨЕТТ-на дейін тарату ПШАШ-50 шлангімен және ТҚП-60 құбырларымен орындалады. Сору ұңғымаларының бастары ерітіндінің динамикалық деңгейін өлшеуге (статикалық жай-күймен салыстырғанда оның төмендеуі мен жоғарылауына) арналған пьезометрикалық түтіктермен қосымша жабдықталған [6].

Жалпы жер асты ұңғылап сілтілеу процесінде геотехнологиялық блоктың (учаскенің) жұмысы бірнеше сатыға бөлінеді:

– қышқылдандыру;

–белсенді сілтілеу сатысы;

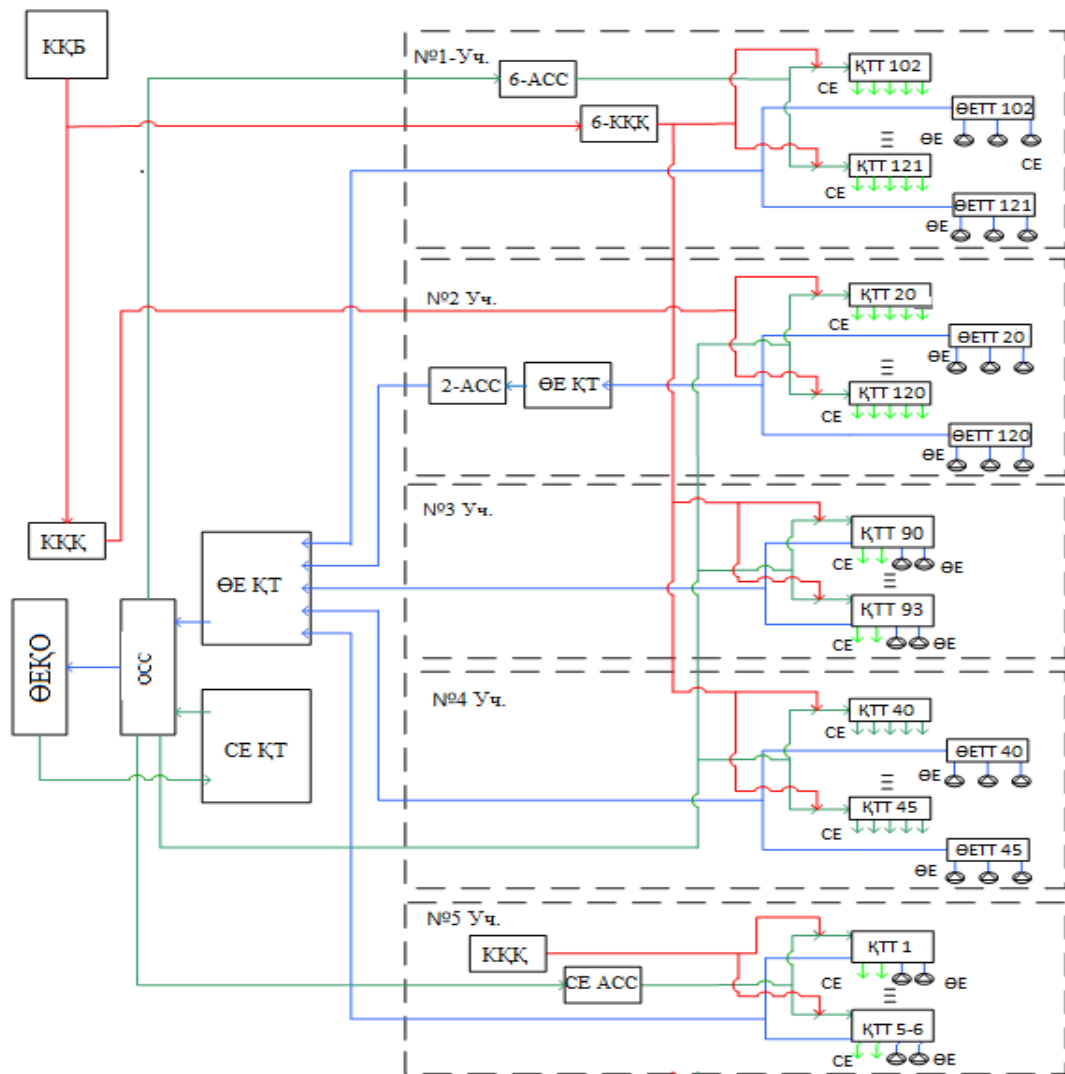
–пысықтау; – пайдаланудан шығару.

Уранды негізгі өндіру уранның байытылатын және продукциялайтын ерітіндіге қарқынды көшуімен және сору ұңғымаларына көшірумен



сипатталатын белсенді сілтілеу сатысында жүзеге асырылады.

«Ақдала» ГТА-ы уран кендерінің төрт шоғырына бөлінеді. Солтүстік бағытта «Ближний(Таяу)(Уч.1)», Оңтүстік - «Летний(Жазғы)(Уч.2)», Батыс бағытта «Залежь(Тынайған) 5у(Уч.3)» және «Залежь(Тынайған) 2к(Уч.4)» орналасқан. "Ақдала" ГТА-на орталық сорғы станциясы және аралық сорғы станциялары, сілтілеу және өнімді ерітінділердің құм тұндырғыштары (СЕ ҚТ, ӨЕ ҚТ), күкірт қышқылының қоймалары кіреді. 1.2 - суретте "Ақдала" ЖНТ-ның технологиялық сұлбасы көрсетілген.



1.2 Сурет – «Ақдала» ГТА-ның технологиялық сұлбасы

Жоғарыда көрсетілген жұмыстарды уақытында орындау кеніштің пайдалану қызметінің негізгі міндеттерінің бірі болып табылады. Бұған жүйелі режимдік-баланстық бақылаулармен және ерітінділердегі уранның құрамын бақылау, сілтілеу барысын және уранды сілтілеу химиясын бақылау

мақсатында жүргізілетін жұмыстардағы технологиялық ұңғымаларды сынамалаумен қол жеткізіледі.

*Кольматация дегеніміз* кеуектердің газ тәрізді немесе қатты заттармен бітелуі нәтижесінде кеукті ортаның өткізгіштігін төмендету процесі. Дарси Заңы бойынша қоршаған ортаға өткізгіштік коэффициенті азаяды, сүзу жылдамдығы төмендейді және ұңғымалардың технологиялық ағыны азаяды. Кольматация физикалық-химиялық және механикалық процестердің салдарынан кеукті ортада болуы мүмкін. Өткізгіштіктің азаю себептеріне байланысты кольматация төрт түрге бөлінеді [7].

Химиялық кольматация нәтижесінде күйдегі шөгінділер түсетін кенсіз материалдар мен жұмыс ерітіндісінің реакциясы негізінде жүргізіледі. Сілтісіздендірудің күкірт қышқылды әдісі кезінде негізгі мәселе және кольматацияның себебі кальцитті және доломитті еріту кезінде кальций иондарының жұмыс ерітінділерін байыту нәтижесінде гипстің (кальций  $\text{CaSO}_4$  сульфатының) шөгуі болып табылады. Гипс күкірт қышқылының ерітіндісінде әлсіз ериді, сондықтан оның шөгуі бір нәтиже - кольматацияға әкеледі. Сілтілеу процесінде күкірт қышқылы болған жағдайда, сондай-ақ құрамында кен бар жыныспен өзара әрекеттескен кезде қышқылды бейтараптандыру процесінде рН ұлғаюы есебінен темір гидроксиді  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  және алюминий гидроксиді  $\text{Al}(\text{OH})_3$  шөгінділеріне түсуі мүмкін. Бірақ бұл кольматация уақытша және қайтымды, себебі қышқыл концентрациясы ұлғайған кезде (рН төмендегенде) шөгіндіге түскен гидроксидтер ериді [7].

Кен қабатында газ фазасы болған жағдайда газ кольматациясы көрінеді. Жер асты сілтілеудің күкірт қышқылды әдісі кезінде кен денелерінің карбонаттармен өзара әрекеттесуінің нәтижесі болып табылатын көмірқышқыл газы бөлінеді.

Механикалық кольматация ерітіндінің ағынды тесіктерінің қатты бөлшектермен бітелуі есебінен жүргізіледі. Ол жиі механикалық қоспалардың ластануына байланысты болады.

*Уранды жерасты сілтілеу* арқылы өндіру кезінде сорылатын және айдалатын ерітінділердің балансын сақтау қажет, яғни соратын және айдалатын ұңғымалардың жиынтық шығыстары бірдей болуы тиіс

$$(\Sigma Q_{\text{сop}} = \Sigma Q_{\text{айд}}).$$

$\Sigma Q_{\text{сop}} > \Sigma Q_{\text{айд}}$  кезінде өнімді ерітінділер кен орнының кенсіз бөлігінен қабаттық суларды тарту есебінен шығарылады.

$\Sigma Q_{\text{сop}} < \Sigma Q_{\text{айд}}$  кезінде кен денесінен тыс қабатқа айдалатын жер асты суларының ерітіндісінің ағып кетуі орын алады. Жоғарыда айтылғандай, балансты сақтамауға жол берілмейді. Өнімді ерітінділерден уранды алу деңгейі еріткіштің шығынына және соңғы өнімнің өзіндік құнына айтарлықтай әсер етеді [9].

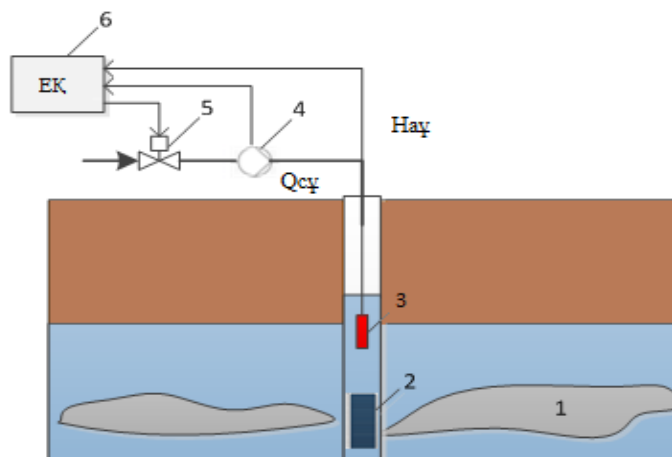
Айдау ұңғымасында оның өнімділігін анықтайтын негізгі айнымалы сілтілеу ерітіндісінің деңгейі болып табылады. Сору ұңғымасында анықтайтын технологиялық айнымалы батырмалы сорғымен жасалатын қысымның ауытқуы болып табылады.

Жер асты сілтілеу әдісімен қазбаларды өндіруді басқару негізгі технологиялық ауыспалы процесті тікелей жедел бақылау мүмкіндігінің болмауына байланысты күрделі және бейсызықты міндеттер класына жатады.

Қазіргі уақытта гидродинамикалық сипаттамаларды бағалау үшін 1.3-суретте көрсетілген функционалдық схемаға сәйкес бақылау-өлшеу аспаптарынан деректер қажет.

*Айдау ұңғымасы* - құрамында уран бар қабаттарға(1) құрамында уран бар минералдармен өзара әрекеттесуге арналған еріткіштің қабілетіне ие сілтісіздендіру ерітінділерін сүзгі(2) арқылы айдауға арналған. Резервуардағы қысымды ұстап тұру және жер асты сілтілеу кезінде пайдалы қазбаларды өндіру жылдамдығын реттеу үшін айдау ұңғымалары пайдаланылады. Жерасты сілтілеуді сапалы басқару бойынша міндеттердің бір бөлігін шешуге мүмкіндік беретін үрдістің негізгі технологиялық айнымалысы ретінде айдау ұңғымасының деңгейін бақылау болып табылады. Айдау ұңғымаларындағы динамикалық деңгейдің тұрақты мониторингі деңгей өлшегіштің(3) көмегімен жүзеге асырылады[9].

Құбыр ішіне сілтісіздендіру ерітіндісінің шығынын өлшеу үшін шығын өлшегіш (4), ағынды бақылау үшін клапан (5) орнатылады. Өлшенген параметрлерді өңдеу және клапанды басқару есептеуіш – контроллермен (6) жүзеге асырылады.



1.3 Сурет–Айдау ұңғымаларының параметрлерін бақылаудың функционалдық схемасы

Белгілі болғандай, ұңғымадағы деңгейді және сілтілеу ерітінділерінің шығынын байланыстыратын негізгі теңдеу осындай түрге ие:

$$W \frac{dH_{ay}}{dt} = Q_{ay} - Q_{кв} \quad (1.1)$$

мұндағы  $H_{ay}$  – сілтісіздендіру ерітіндісінің айдау ұңғымаларындағы деңгейі (м);

$W$  – айдау ұңғымасының сыйымдылығы ( $m^3$ );

$Q_{ay}$  – айдау ұңғымасына түсетін сілтілеу ерітіндісінің шығыны ( $m^3/сағ$ );

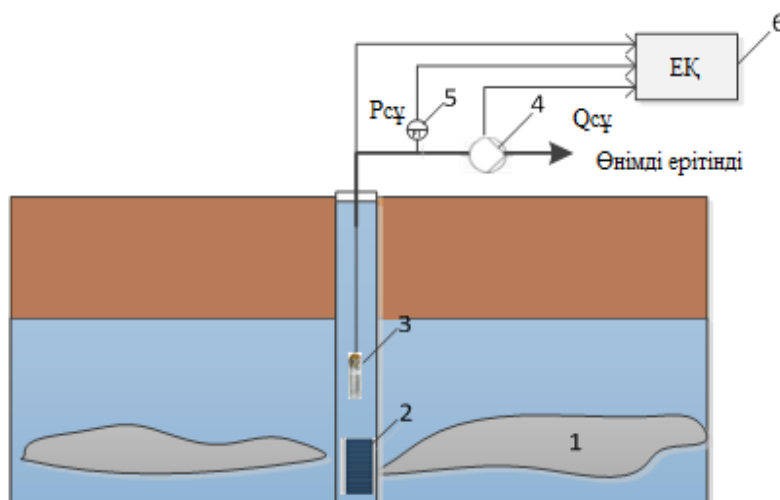
$Q_{кд}$  – сүзгі арқылы өту жолымен айдау ұңғымасынан кен қабатына түсетін сілтілеу ерітіндісінің шығыны ( $m^3/сағ$ ).

Егер айдау ұңғымасының шығыны кен денесінің шығынына тең болса  $Q_{ay} = Q_{кд}$ , онда айдау ұңғымасының деңгейі  $H^k = H_{ay}$  тұрақты, мұндағы  $H^k$  – қабылдау мен құрамында кен бар қабатта шығын тең болған кездегі айдау ұңғымасының деңгейі [9].

*Сору ұңғымасы.* Сору ұңғымалары жер қойнауынан дайын өнім – құрамында уран бар кенді көтеру үшін қолданылады. 1.4 – суретте сору ұңғымаларының параметрлерін бақылаудың функционалдық сұлбасы көрсетілген.

Сору ұңғымаларында ерітіндіні көтеру батырмалы сорғымен (3) сүзгі (2) арқылы айдау жолымен жүргізіледі. Барлық мәндер есептеуіш құрылғы-контроллермен бақыланады.

Сору ұңғымасы үшін қысым мен шығынды дәл өлшеу өте маңызды, өйткені есеп дайын кеннің миллиграммдарына келеді. Өнімді ерітіндінің қысымын өлшеу үшін қысым датчигі (5) және шығынды үздіксіз өлшеу үшін шығын өлшегіш (4) орнатылады [10].



1.4 Сурет - Сору ұңғымаларының параметрлерін бақылаудың функционалдық схемасы

Сору ұңғымасы үшін ұңғымалық сорғының және сору ұңғымасының шығынды-қысымды сипаттамасы сәйкестендірілді. Шығынды-қысымды сипаттамасы полином коэффициенттерін анықтаудың дәлдігі үшін үшінші ретті полиноммен сипатталады және осындай түрге ие:

$$\Delta P_{oc} = a_0 + a_1 Q_{oc} + a_2 Q_{oc}^2 + a_3 Q_{oc}^3, \quad (1.2)$$

мұндағы  $a_0, a_1, a_2, a_3$  – сорғы сипаттамасы үшін полином коэффициенттері;

$Q_{cy}$  – сору ұңғымасының өнімді ерітіндісінің шығыны.

Айдау ұңғымасының параметрлерін анықтаудың ұсынылатын тәсілі ұңғымадағы деңгей мен сілтілеу ерітінділерінің шығынын өлшеуге негізделген. Бұл көрсеткіштер айдау ұңғымасының түбіндегі гидрокедергінің параметрлерін анықтауға мүмкіндік береді. Сору ұңғымасы бойынша батыру сорғысының шығыны мен қысымының нақты параметрлері ұңғыманың қысым датчигінің өлшенген мәндеріне және сілтілеу жұмыс ерітіндісінің шығынына байланысты батыру сорғысының әр түрлі жұмыс режимдері үшін анықталады [10].

#### **1.4 Тапсырманың қойылуы**

Жоғарыда айтылғандарды негізге алатын болсақ, жерасты сілтілеу уранды өндірудің оңтайлы түрі болып табылады. Дипломдық жобаның мақсаты басқару жүйесі тапсырмасының мақсаты қойылған уранды сілтілеудің математикалық моделін әзірлеу болып табылады.

Көрсетілген мақсатқа жету үшін келесі міндеттерді орындау қажет:

- 1) Артықшылықтары мен кемшіліктерін анықтай отырып, уран өндірудің қазіргі тәсілдері бойынша ақпаратты жинау және талдау;
- 2) Салыстырмалы талдау жасай отырып, модельдеу ортасын таңдау;
- 3) Үлестірілген параметрлер үшін мультифизикалық есептерді модельдеу ортасын зерттеу;
- 4) Кеніштің математикалық моделін құру;
- 5) Жүйе автоматикасының құрылымы мен құралдарын таңдау;
- 6) MatLab-та APЖ реттеуішінің параметрлерін баптау;
- 7) Жеке тапсырманы орындау (метрологиялық сипаттамаларын есептеу);
- 8) Экономикалық тиімділікті есептеу;
- 9) Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі бойынша міндеттерді шешу.

## 2 Жерасты сілтілеу процесін сандық модельдеу

*COMSOL Multiphysics*- жобалаудың, өндірудің және ғылыми зерттеулердің барлық салаларында модельдеу үшін әмбебап бағдарламалық қамтамасыз ету.

### 2.1 COMSOL Multiphysics-тегі модельдеу принциптері

*COMSOL Multiphysics* электромагнетизмді, құрылымдық механиканы, акустиканы, сұйықтық, қыздыру ағынын және химиялық инженерияны модельдеу үшін қосымша модульдердің кез келген комбинациясын жобалау және модельдеу процесінде тікелей берілген функциялармен пайдаланылуы немесе толықтырылуы мүмкін. Қосымша LiveLink модульдері мен өнімдері өзгермейтін модельдеудің жұмыс процесіне оңай қосылған [11].

Мультифизикалық моделдеу нақты нәтижелерді қамтамасыз етеді. Көбінесе табысты инженерлік модельдеудің кілті эксперименттер мен прототиптерді ғана пайдалануды алмастыратын және барлық факторларды ескере отырып, зерттелетін жобаны немесе процесті тереңірек түсінуге мүмкіндік беретін эксперименталды тексерілген үлгілерді әзірлеу болып табылады. Ал *COMSOL Multiphysics*-те модельдеу ортасы соншалықты кең. Эксперименталды әдістердің іске қосылуымен немесе прототиптерді тестілеумен салыстырғанда моделдеу үдерістер мен құрылғыларды жылдам әрі жиі тиімді және дәл оңтайландыруға мүмкіндік береді, өйткені модель объектінің имитациясы болып табылады.

*COMSOL Multiphysics* көмегімен модельдеу электромагнетизм симуляциясы, құрылымдық механика, акустика, сұйықтық ағыны, жылу алмасу және химиялық реакциялар құбылыстары немесе PDE жүйесі моделдейтін кез келген басқа физиканың арасында бір бағдарламалық ортада ауысу мүмкіндігін білдіреді. Сондай-ақ, осы салалардан физикалық құбылыстарды бір модельге біріктіруге болады. *COMSOL Desktop* пайдаланушы интерфейсі қолданушы талдағысы және әзірлегісі келетін жоба немесе процесс түріне қарамастан үлгілеудің толық ортасын және басынан аяғына дейін модельдеудің келісілген жұмыс процесін ұсынады [11].

*COMSOL Multiphysics* базалық пакеті қатты объектілерді, беттерді, қисық және логикалық операцияларды пайдалана отырып, бөлшектерді жасау үшін геометриялық модельдеу құралдарын ұсынады. Геометрия операциялардың кезектілігімен анықталады. Ал ондағы әр операция мультифизика үлгілерінде ыңғайлы редакциялау және параметрлік зерттеулер үшін кіріс параметрлерін ала алады. Геометрия анықтамасы мен белгілі бір физикалық баптау арасындағы байланыс толығымен ассоциативті болып табылады - геометрияның өзгеруі модельдің барлық байланысты теңшелімдері бойынша байланысты өзгерістерді автоматты түрде таратады.

Уақытқа тәуелді және тұрақты (стационарлық) есептер дискретизациядан кейін сызықты емес теңдеулер жүйесін құра отырып, сызықты емес болуы

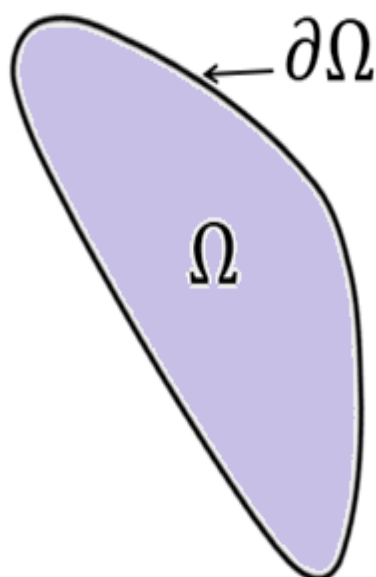
мүмкін.COMSOL Multiphysics шешуші үшін бейсызықты шешімді көрсететін бағыт болып табылатын толық байланысты Якоби матрицасын ұсынады.Ньютонның өшу әдісі стационарлық есептер үшін сызықты емес жүйені шешу үшін немесе уақытқа тәуелді есептер үшін секірулер кезінде қолданылады. Содан кейін Ньютон әдісі сызықты емес жүйенің шешімін табу үшін Якоби матрицасын қолдана отырып, сызықты теңдеулер жүйесінің жүйелілігін шешеді[11].

Әр түрлі физикалық интерфейстер әр мәселе үшін ең жақсы мүмкін әдепкі параметрлер ұсыныстарымен шешушінің баптауларын ұсына алады. Бұл параметрлер аппараттық емес.Нақты тапсырма үшін өнімділікті реттеу кезінде пайдаланушы интерфейсіндегі әрбір торап астында тікелей шешушінің параметрлерін өзгертуге және қолмен реттеуге болады.Көп ядролы және кластерлік есептеулерді пайдалану үшін шешушілер мен басқа да есептеу алгоритмдері,мүмкін болған кезде, толығымен параллельді болады.Бағытталған және таратылған параметрлері бар әдістер тура және итеративті шешімдер үшін де, үлкен параметрлік циклдер үшін де қолжетімді болып келеді.Шешім процесінің барлық кезеңдері параллель есептеулерді қолдана алады[12].

## **2.2 Бөлінген есептерді шешу үшін ортаның ерекшеліктері. COMSOL Multiphysics және NX ортасын салыстырмалы талдау**

Шекаралық шарттар дегеніміз шеттік тапсырманы шешу үшін қажетті шектеулер. Шеттік есеп – бұл шекарадағы шарттар жиынтығы белгілі аймақта шешілуі тиіс дифференциалдық теңдеу (немесе дифференциалдық теңдеулер жүйесі). Ол интервалдың тек бір экстремумындағы шарттары ғана белгілі болатын «бастапқы мәндердің проблемасына» қарама-қарсы. Шеттік есептер өте маңызды, өйткені олар құбылыстардың үлкен мөлшерін және қолдану аймағын, қатты дене механикасынан жылу беруге дейін, сұйықтық механикасынан акустикалық диффузияға дейін үлгілейді. Олар кеңістікте шешілетін дифференциалды теңдеуге негізделген әрбір тапсырмада табиғи түрде пайда болады. Дифференциалдық есептің шешілуінің біртұтастығына және бар болуына кепілдік беретін шарттар және оған шекаралық шарттардың әсер етуі зерттелді[13].

Шекаралық шарттардың түрлері: Жеке туындылардағы қарапайым және дифференциалдық теңдеулер шекаралық шарттарды шешуді талап етеді. Сонымен қатар, әр түрлі типті шекаралық шарттар облыс шекарасына салынуы мүмкін(2.1 Сурет). Шекаралық шартты таңдау есептеу тапсырмасын шешу үшін негіз болып табылады.Егер шекаралық шарттарды дұрыс салмау шешімнің сәйкес келмеуіне немесе дұрыс шешілмеуіне әкеп соғуы мүмкін.



2.1 Сурет -Қолдану аумағы және шекарасы

Дирихле шекаралық шарты домен шекарасының бойымен белгісіз функцияны қабылдауға тиіс мәнді көрсетеді.

Нейман шекаралық шарты. Жеке туындыларда қарапайым немесе дифференциалды теңдеуге салу кезінде ол туынды шешімдерді облыс шекарасында қабылдайтын мәндерді анықтайды[13].

Соңғы элементтер әдісімен талдау (FEA) - бұл соңғы элементтер әдісі (FEM) деп аталатын сандық техниканы қолдану арқылы кез келген физикалық құбылысты модельдеу. Инженерлер физикалық эксперименттер санын қысқарту үшін және неғұрлым сапалы өнімдерді тезірек дамыту үшін жобалау кезеңінде компоненттерді оңтайландыру үшін оны пайдаланады.

Математиканы құрылымдық мінез-құлқы немесе сұйықтықтың мінез-құлқы, термиялық тасымалдау, толқындардың таралуы, биологиялық жасушалардың өсуі және т. б. сияқты кез келген физикалық құбылыстарды жан-жақты түсіну және сандық бағалау үшін қолдану қажет. Бұл үдерістердің көпшілігі жеке туындыларда (PDE) теңдеулерді пайдалана отырып сипатталады. Дегенмен, сандық әдістер соңғы бірнеше онжылдықтар ішінде компьютер үшін, осы PDE шешу үшін әзірленген және бүгінгі таңдағы ең көрнектілерінің бірі - соңғы элементтер әдісімен талдау болып табылады.

FEA-бұл берілген жағдайдағы модельдің мінез-құлқын болжау үшін қолданылатын сандық әдіс. Ол модельдеу үшін қазіргі заманғы бағдарламалық қамтамасыз етудің негізі ретінде пайдаланылады және инженерлерге өз үлгілерінде әлсіз орындарды, облыстарды табуға көмектеседі. FEA әдісінің негізінде модельдеу нәтижелері түстік шкаламен көрсетіледі. Мысалы, сол арқылы нысан бойынша қысым үлестіруін көрсетуге болады.



### 2.2.1 Тордың нақтылығы

Дәлдікке әсер ететін негізгі проблемалардың бірі тордың нақтылығы болып табылады. Бұл талдау нәтижелеріне тор өлшемінің өзгеруі әсер етпейтіндігіне кепілдік беру үшін элементтер қаншалықты кішкентай болуы тиіс екендігіне байланысты болады.

Торды нақтылауға келетін болсақ, модельдің барлық жерінде тордың нақтылануы қажет емес. Сен-Венан принципі бойынша бір облыстағы мәндер басқа облыстардағы мәндерге әсер етпейді. Демек, физикалық тұрғыдан модель қызығушылық тудыратын белгілі бір салаларда ғана нақтылануы мүмкін, сонымен қатар ұсақ және дәл торға сәйкес өтпелі аймаққа ие болуы мүмкін. Нақтылаудың екі түрі бар (h-және p-нақтылау): h-нақтылау элемент өлшемдерінің азаюына қатысты болады, ал p-нақтылау элемент ретінің ұлғаюына қатысты болады[14].

Бұл жерде геометриялық әсерді және тордың жинақталуын ажырату маңызды, әсіресе тік (немесе сызықты) элементтерді пайдалана отырып, иілген беттің торын құру үшін шекараны дәл басып алу үшін көп элементтерді (немесе торды нақтылауды) қажет етеді. Торды нақтылау қателердің айтарлықтай төмендеуіне әкеледі.

### 2.2.2 COMSOL Multiphysics және NX ортасын салыстырмалы талдау

COMSOL Multiphysics бағдарламалық қамтамасыз етуі соңғы 10 жыл ішінде күн сайын дамып, жаңартылып келеді. COMSOL мультифизикалық тапсырмаларды шешу үшін бүгінгі таңдағы ең үздік бағдарламалардың бірі болып табылады. Міне, айқын артықшылықтарының кейбірі:

- Қарапайым тіл, зерттеу үшін симуляция негізінде жатқан негізгі теорияны, яғни нақты міндет үшін есепке алынатын теңдеулер мен эмпирикалық қатынастарды білу қажет;

- Құжаттама оңай қол жетімді, COMSOL пайдаланушыларының блогтарындағы және қауымдастықтарындағы хабарлар өте пайдалы. Сонымен қатар, модельдеу процесінде пайда болатын кез келген тиісті сұрақтарға жауап бере алатын инженерлер атынан қолдау персоналы бар;

- GUI визуализациясы және пост өңдеуі керемет;

- Қолдану қарапайымдылығы және қосымшалардың кең спектрі үшін баптау мүмкіндігіне ие жоғары өнімді мультифизикалық бағдарламалық қамтамасыз ету. Физикалық модульдер арасындағы өте қарапайым байланыс. Мультифизиканы қамтитын модельдеуді оңай баптауға болады;

- Басқа бағдарламалық қамтамасыз етуде қиынға түсетін күрделі геометриялар оңай шешілуі мүмкін[15].

COMSOL кемшіліктері:

- Үлкен есептеу ресурстарын, көп жақты және есептеу қуатын талап ететін бағдарламалық қамтамасыз ету;

- Баяу процесс, себебі кейінгі өңдеу қадамдарының көптеген теңдеулері бір уақытта шешіледі және нақты кейінгі өңдеу орындалғанда, ол жай ғана шешімнен нәтижелерді алады. Күрделі геометрия пайдаланылса, бұл шешімді өте баяу етеді;

- Соңғы элементтер тәсілінің арқасында шешім жиынтығы жиі күрделі тапсырма болуы мүмкін.

Жалпы: бағдарламалық қамтамасыз ету күрделі имитациялық тапсырмаларды орындауға қабілетті, тіпті бұл бағдарламалық қамтамасыз етуді қамтамасыз ете алатын барлық әлеуетті түсіну қиын. Қуатты күшті компьютерде күрделі 3D-симуляцияны іске қосу жақсырақ болады, себебі COMSOL жадты қарқынды пайдаланатын бағдарламалық қамтамасыз ету [20].

NX8 CAE Артықшылықтары: үш файлдан тұрады: идеалданған бөлік, FEM және SIM-карта. Идеалданған бөлігі CAD-бөлігімен байланысты болғандықтан жақсы, бірақ бұл жәй ғана оның көрінісі. Бастапқы бөлігін қозғамай, функцияларды баптауға және өшіруге болады. FEM торды қамтиды, ал SIM-картасы жүктемелер мен шектеулерді қамтиды. Барлық аналитикалық бағдарламалық қамтамасыз ету барлық бөліктерді тәртіпті сақтау үшін бөлуді қамтамасыз ете алмайды.

Кемшіліктері: SIM-файлдың жұмыс уақыты баяу. Егер іске қосу сәтсіз аяқталса, көп ақпарат берілмейді және ұзақ әрі үлкен нәтиже файлын қарау керек. Бөліктер арасында байланысты анықтауды орнату қиын [15].

Жалпы NX8 CAE-ні қолдану тор шешімін жылдам және көптеген нұсқалармен шешеді. Бұл өте мұқият және функционалды бағдарламалық қамтамасыз ету, бірақ оның бағасы жоғары болып табылады.

Жүргізілген салыстырмалы талдауды ескере отырып, COMSOL модельдеу ортасы көптеген артықшылықтарға ие екенін сеніммен айтуға болады. Уранды сілтілеу моделін әзірлеу тікелей дәл осы ортада жүргізілетін болады.

### **2.3 Кен денесін сүзудің негізгі теңдеулері. Дарси Заңы**

Дарси Заңы кеуекті орта арқылы лезде өтетін разряд жылдамдығы, сұйықтықтың тұтқырлығы және берілген қашықтықта қысымның төмендеуі арасындағы қарапайым пропорционалды тәуелділік болып табылады. Бұл құм қабаты арқылы өтетін су ағынына негізделген. Су сулы көкжиек арқылы өтетіндіктен, Дарси заңы қолданылады. Дарси Заңы массаны сақтау теңдеуімен қатар жер асты сулары ағынының теңдеуіне тең болады.

Дарси Заңы сүзгілеу ортасының кеуектеріндегі ламинарлық ағын үшін әрекет етеді, және көп жағдайда сінуі, әдетте, құмды және сазды топырақтарда, ламинарлық ағын болып табылады [16].

Кеуекті ортада бір фазалы ағынның математикалық моделі келесі теңдеумен сипатталады:

$$\frac{\partial m p}{\partial t} + \operatorname{div} \rho u = f(x, t), \quad (2.1)$$

және Дарси заңымен:

$$u = -k\mu(\operatorname{grad} p + \rho g), \quad (2.2)$$

мұндағы  $p$  – қысым,  $u$  – кеуекті ортадағы флюидтің сүзу жылдамдығы,  $k$  – кеуекті ортаның өткізгіштігі,  $\mu$  – флюидтің тұтқырлығы,  $g$  – еркін құлау үдеуінің векторы және  $f$  – ішкі көздер/ағындардың тығыздығы.

Дарси Заңын (2.2) үзіксіздік теңдеуіне (2.1) қоя отырып, флюидтің әлсіз қысымдылығын, коллектордың серпімді деформациялануын және кен орындарының шамалы қуаттылығына байланысты гравитациялық күштердің әсерін елемей отырып (қабаттың қалыңдығы көлденең жазықтықтағы қабаттың өзіне тән өлшемдерінен 2-3 рет аз), қысымға арналған келесі теңдеуді аламыз:

$$\beta \frac{\partial p}{\partial t} - \operatorname{div} \left( \frac{k}{\mu} \operatorname{grad} p \right) = f(x, t), \quad (2.3)$$

мұндағы  $\beta$  – флюид пен коллектордың бірлескен серпімділік-сыйымдылық коэффициенті.

Есептеу тәжірибесінде сүзу есептерін шешудің оң бөлігін  $f(x, t)$  көздер/ағындардың қуаттарының қосындысы түрінде беруге болады:

$$\frac{\partial p}{\partial t} - \operatorname{div} \left( \frac{k}{\mu} \operatorname{grad} p \right) = \sum_{i=1}^{N_q} q_i(t) \psi_i(x), \quad x \in \Omega, \quad t \in (0, T], \quad (2.4)$$

мұндағы  $q_i$  екі өлшемді жағдай үшін, нүктелік көз/ағындарды қойғанда,  $-$   $i$ -нші ұңғыманың дебиті, ал көлденең ұңғыма жағдайында  $-$   $i$ -нші ұңғыманың ұңғысының бетінің бірлігіне келетін флюид ағыны,  $\psi_i(x)$  – теріс емес салмақ функциялары,  $N_q$  – ұңғымалар саны,  $T > 0$  және  $\Omega \in R^\alpha$ ,  $\alpha = 2, 3$ .

(2.4) теңдеу тиісті шекаралық және бастапқы шарттармен толықтырылады:

$$-\frac{k}{\mu} \frac{\partial p}{\partial n} = 0, \quad x \in \Pi, \quad t \in (0, T], \quad (2.5)$$

$$p(x, 0) = p_0(x), \quad x \in \Omega, \quad (2.6)$$

мұндағы  $\Pi$  –  $\Omega$  шекарасы,  $n$  –  $\Pi$ -ға сыртқы қалыпты жағдай.

Осылайша,  $k, \mu, c, p_0, q_i(t), \psi_i(x), i = 1, 2, \dots, N_q$  берілген кіріс мәліметтері кезінде (2.5), (2.6) шекаралық және бастапқы шарттарды, параболалық теңдеуді қанағаттандыратын  $p(x, t), t \in (0, T], T > 0$  функциясын табу керек. (2.4)–(2.6) бастапқы-шеттік есеп тура есептер санатына жатады [16].

Жер асты сілтілеу процесінің екі маңызды кезеңінің болуын ескере отырып, біз мынадай элементтерге жер асты сілтілеу моделінің декомпозициясын табиғи түрде енгіземіз:

- гидродинамикалық процестің моделі;
- массатасымалдау моделі және химиялық өзара әрекеттесудің кинетикасы.

Бұл жерде келесіні атап өту қажет: процестің гидродинамикалық жағдайлары ерітінді ағынының сүзілу жылдамдығын және сәйкесінше реагентпен қабат учаскелерін өңдеу қарқындылығын, яғни реагент ерітіндісінің қатты фазадағы заттармен химиялық өзара әрекеттесу динамикасын анықтайды.

Сонымен қатар, химиялық өзара әрекеттесудің нәтижесінде заттардың еруі мен ыдырауы орын алады, ал бұл қабаттың өткізгіштігінің сипаттамасын және жер асты шаймалаудың (сілтілеудің) гидродинамикалық шарттарын өзгертеді.

Модельдеу кезінде келесі жорамалдарды қабылдаймыз. Біріншіден, зерттеуде жазық екі өлшемді есеп қарастырылады. Яғни, қабаттың қуаты үлкен емес, ол шамамен бір деңгейде жатыр және биіктігі бойынша біркелкі болады. Сонымен қатар, ішінде барлық процестер қарастырылатын D аймағы шекара арқылы ерітінді ағыны нөлге тең (немесе жақын) болуы үшін жеткілікті үлкен болып таңдалады [16].

Тиісінше, ерітіндіні айдау-сору режимі тепе-тең болуы керек, яғни:

$$\sum_{i=1}^n Q_i + \sum_{j=1}^m Q_j = 0, \quad (2.7)$$

мұндағы  $Q_i$  – айдау ұңғымаларының дебиті;

$Q_j$  – сору ұңғымаларының дебиті.

Ерітіндінің өзі идеалды сұйықтық болып саналады (яғни ішкі үйкеліс жоқ).

Жоғарыда көрсетілген сөйлемдерде қарастырылатын есептің математикалық моделі мынадай болады:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k \frac{\partial P}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( k \frac{\partial P}{\partial y} \right) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n Q_{i,j} = 0, \quad (2.8)$$

$$\bar{v} = -\frac{k}{m} \nabla h, \quad (2.9)$$

$$\frac{\partial(mY)}{\partial t} + \rho_b \frac{\partial z}{\partial t} + \bar{v} \nabla(mY) = \text{div}(mD \nabla Y) + \sum QY, \quad (2.10)$$

$$\rho_b \frac{\partial z}{\partial t} = \beta \left( Y - \frac{z}{Kd} \right), \quad (2.11)$$

мұндағы  $P$  – гидродинамикалық қысым, Н/м<sup>2</sup>;

$Y$  – ерітіндідегі минералдың массалық концентрациясы, кг/м<sup>3</sup>;

$z$  – қабаттағы минералдың массалық үлесі, кг/кг;

$k$  – сүзгілеу коэффициенті, м/с;

$\bar{v}$  – жылдамдық векторы, м/с;

$m$  – қабаттың кеуектілігі;

$\rho_b$  – жыныстың тығыздығы, кг/м<sup>3</sup>;

$Q$  – дебит ( $Q > 0$  – айдау,  $Q < 0$  – сору);

$\beta$  – минералдың еру жылдамдығы .

(2.8) – (2.11) теңдеулер жүйесінің біріншісі – айдау және соруды көрсететін қысымның тұрақсыздығын ауыстыру, екіншісі – Дарси Заңы, үшіншісі – конвекциялар, диффузиялар, көздер/бастау және химиялық реакциялар есебінен уақыт бойынша металл концентрациясының өзгеруі, төртіншісі-сұйық фазаның концентрациясының өзгеруі бойынша қатты заттар концентрациясының өзгеруі.

(2.8) – (2.11) теңдеулер жүйесі келесі бастапқы-шеттік жағдайларда бірлесе шешіледі:

$$P|_{t=0} = P_0, Y|_{t=0} = Y_0, Z|_{t=0} = Z_0, (x, y) \in \Omega, \quad (2.12)$$

$$\left. \frac{\partial P}{\partial n} \right|_{\text{Ш}} = 0, \left. \frac{\partial Y}{\partial n} \right|_{\text{Ш}} = 0, t > 0 \quad (2.13)$$

мұндағы  $\Omega$  – қаралатын аймақ;

Ш –осы аймақтың шекарасы;

$n$  – Ш қалыпты коллинеарлық бағыты.

Диффузия коэффициенттері мынадай формула бойынша есептеледі :

$$\begin{aligned} D_{xx} &= L_L \frac{v_x^2}{|\vec{v}|} + L_T \frac{v_y^2}{|\vec{v}|} + D^*, \\ D_{yy} &= L_L \frac{v_y^2}{|\vec{v}|} + L_T \frac{v_x^2}{|\vec{v}|} + D^*, \\ D_{xy} &= (L_L - L_T) \frac{v_x v_y}{|\vec{v}|} + D^*, \end{aligned} \quad (2.14)$$

мұндағы  $L_L, L_T$  – ортаның бойлық және көлденең дисперсиясы, м;

$D^*$  – молекулалық диффузия коэффициенті;

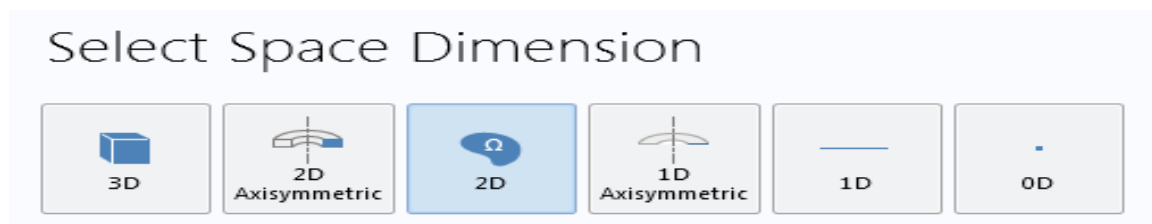
$v_x, v_y$  –жылдамдық компоненттері, м/с;

$|\vec{v}| = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$  – жылдамдық векторының модулі, м/с.

## 2.4 COMSOL-да кеніштің математикалық моделін құру

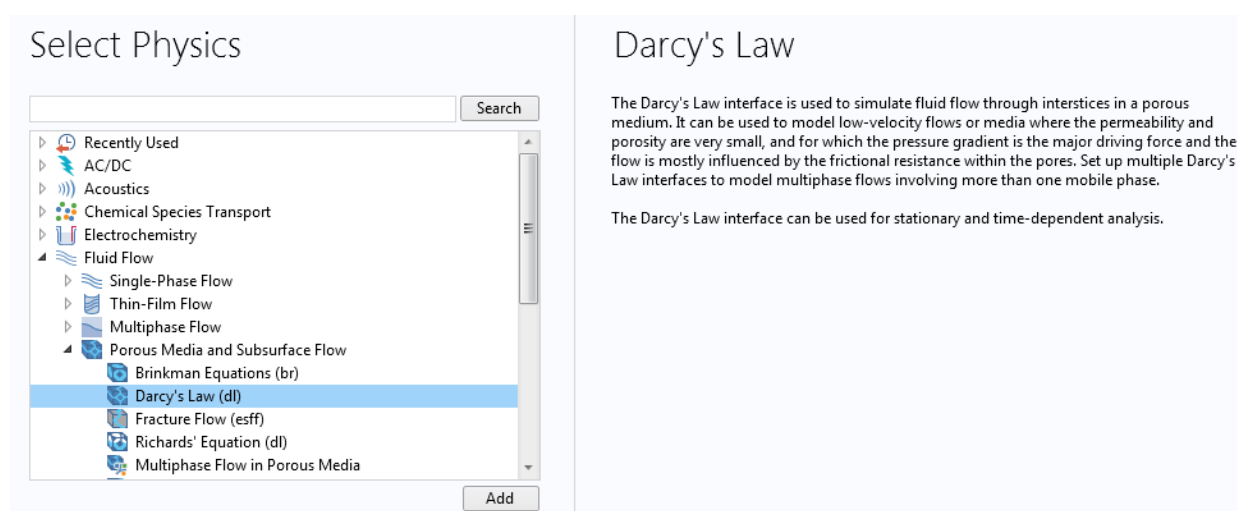
COMSOL ортасы өзекті мультифизикалық міндеттердің үлкен спектрін шешуге мүмкіндік береді. Бұл жұмыста жер асты сілтілеу өзекті міндет болып табылады. Барлық есептер сүйенетін негізгі заң - Дарси Заңы. Бірақ нақты имитациялық модель үшін әртүрлі физикалардың жиынтығын қарастыру керек, бұл есептеу аймағын арттырады, бірақ модельді нақты объектіге жақындатады[23].

Модельдеу процесі тапсырма түрін таңдаудан басталады: 3D, 2D немесе 1D. Нәтижелерді өңдеу уақытын және есептеу уақытын азайту үшін 2D облысын қолданамыз.



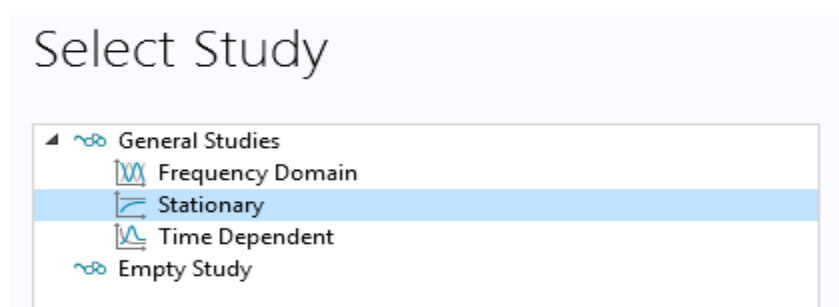
2.2 Сурет – Модель өлшемін таңдау

Содан кейін процестің физикасын қосу қажет. COMSOL артықшылығы оның икемділігі, яғни барлық процестер мен физиканы модельдің өзіне зияны болмайтындай етіп, модельдеудің өз процесінде модификациялауға болады.



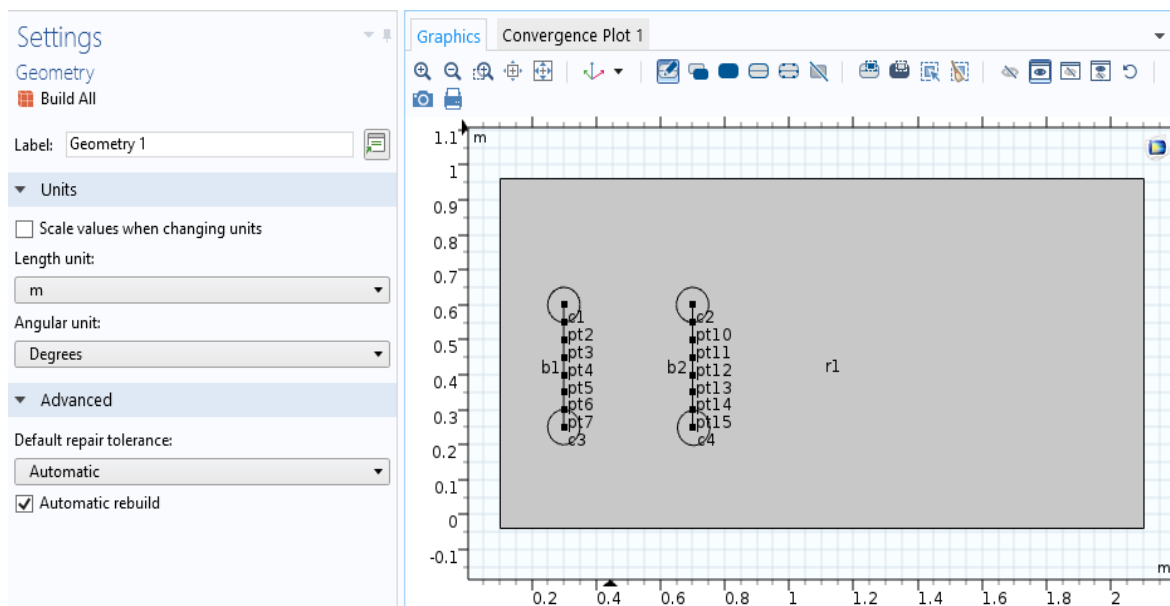
2.3 Сурет– Физиканы таңдау

Darcy ' s Law-ды таңдап, үлгіге физиканы қосу үшін Add басу керек. Содан кейін стационарлық немесе уақыт бойынша тәуелді зерттеу түрін таңдау қажет.



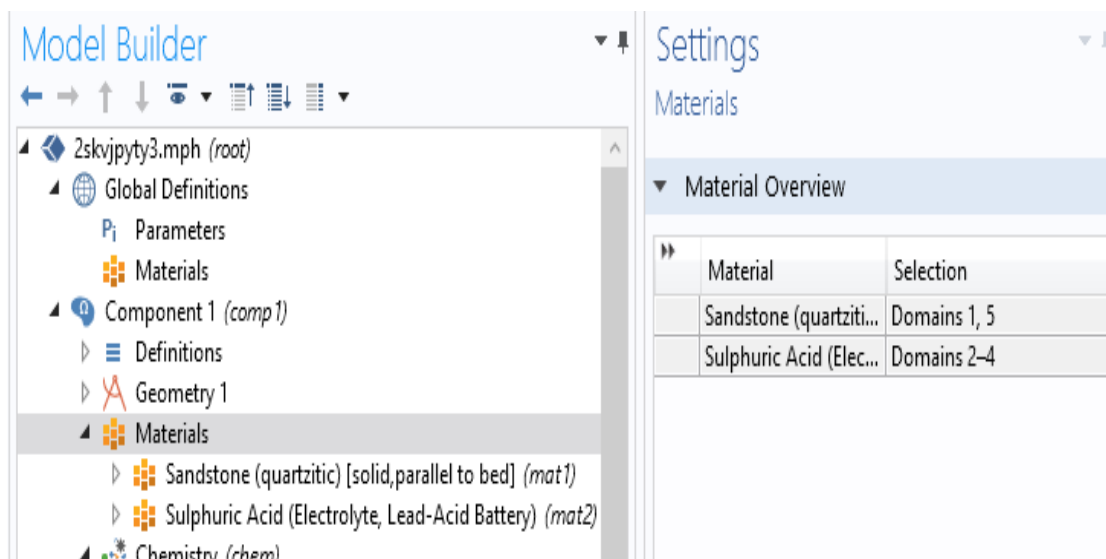
2.4 Сурет – Зерттеу түрін таңдау

Содан кейін жер асты сілтілеу кезінде ұңғымалардың жұмысын имитациялайтын геометрияны сызуға өту қажет. Бұл жағдайда геометрия жылдам есептеу үшін минимумға дейін жеңілдетілген.



2.5 Сурет–Айдау және сору ұңғымаларын имитациялайтын геометрия

Геометрияны сызғаннан кейін материалдарды таңдау қажет. COMSOL мүмкіндіктері соншалықты кең, тіпті материалдар кітапханасына жетіспейтін файлды қосуға болады. Бірақ біздің жағдайда барлық материалдар бар болып шықты.

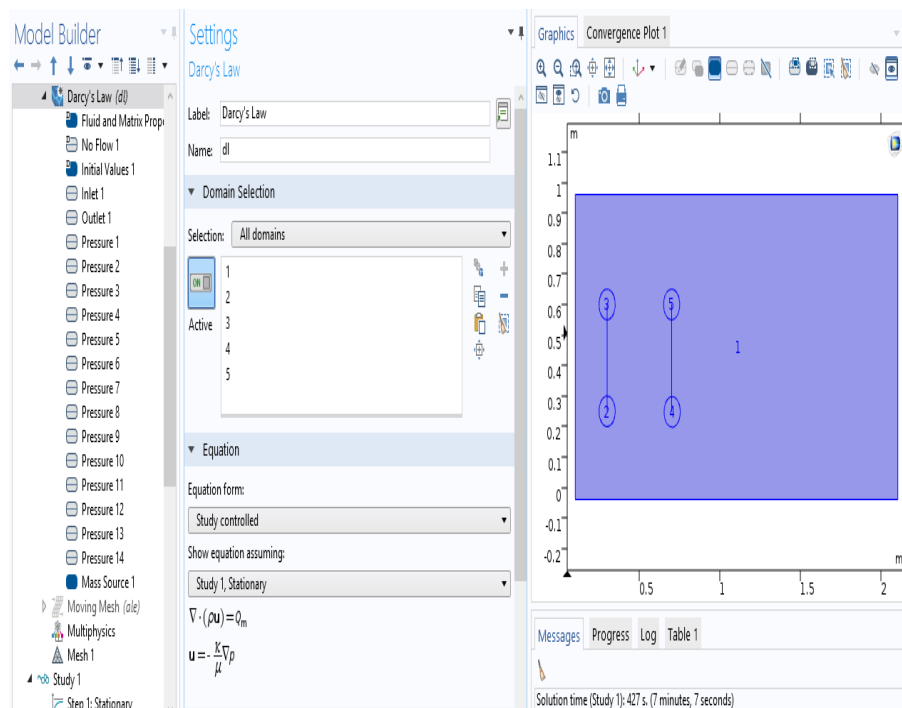


2.6 Сурет – Сілтілеу процесіне арналған материалдарды таңдау

Тапсырманы дәл шешу үшін геометрияда қандай да бір заттың шекарасын көрсету қажет.

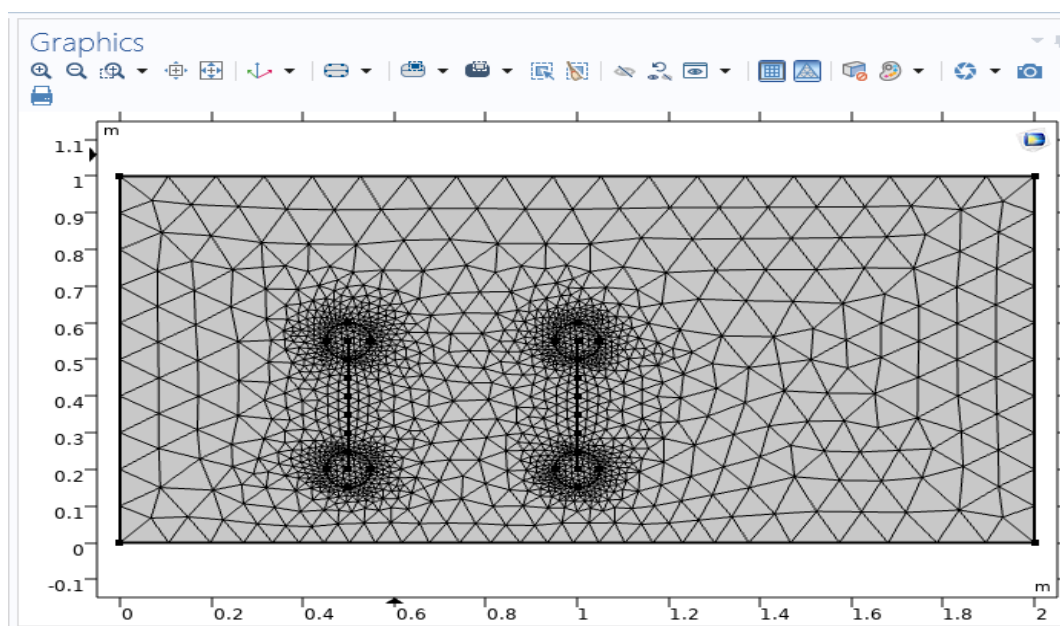
Модельдеу кезінде екі материал - күкірт қышқылы мен құм таңдалды. Құм уранның қосылыстары орналасқан кеуекті ортаға ұқсайды.

Содан кейін үлгіге қатысты Дарси Заңын түзету қажет. Кіріс параметрлерін, сұйықтықтың және кеуекті ортаның қасиеттерін, сондай-ақ бастапқы шарттарын немесе алдын ала белгілі бастапқы деректерді қосу қажет.



2.7 Сурет – Сілтілеу процесі үшін Дарси Заңы

Автоматты торды құру модельдің сандық шешімі үшін керек.



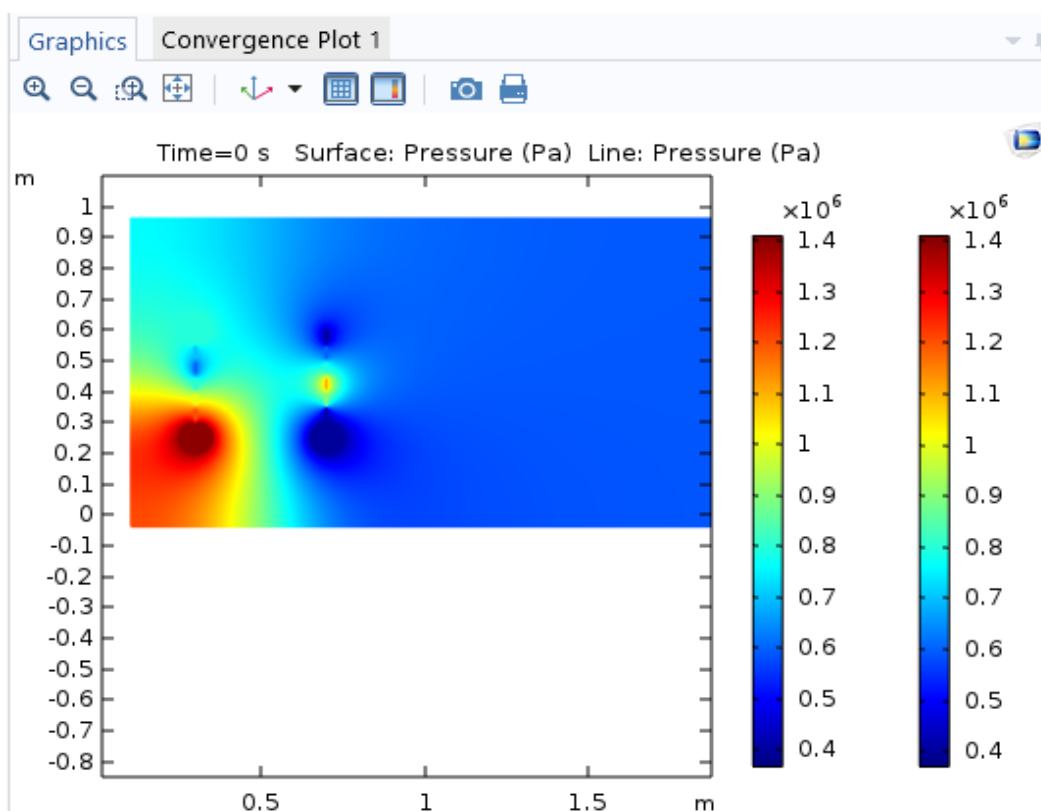
2.8 Сурет – Автоматты тор



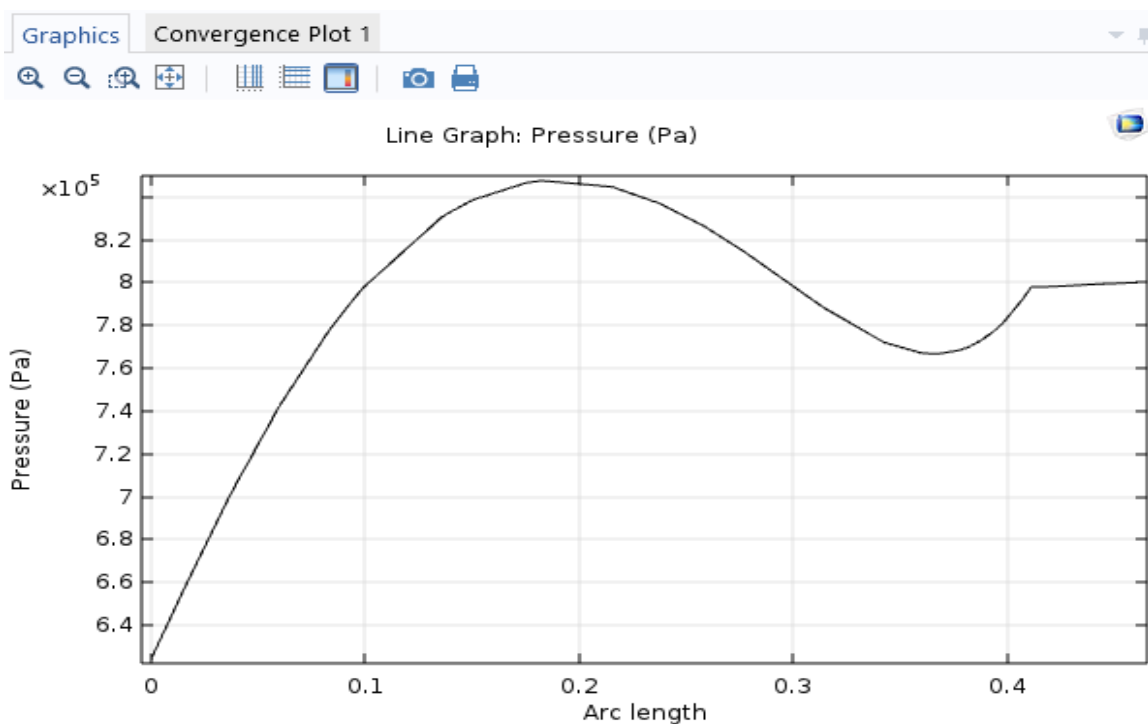
Стационарлы шешушіні іске қосқан кезде кеністің барлық облысы бойынша қысымның таралуын аламыз.

COMSOL артықшылығына, сондай-ақ барлық геометрияның кез келген нүктесінен графика алу мүмкіндігі кіреді, тек бір нүктені немесе сызықты таңдап, жеке график түрінде шығару керек, бұл шешушінің көп қырлылығын, әмбебаптығын көрсетеді [17].

Процесс физикасында деректер көп көрсетілген сайын, нақты объектіге имитациялық модель соғұрлым жақынырақ болады. Физиканың бастапқы шарттарында нақты шешім үшін әрбір нүктедегі қысым мәндері көрсетілген болатын.



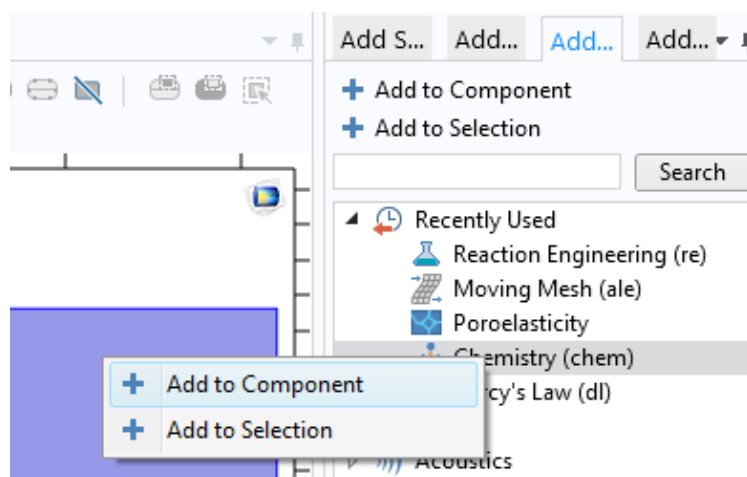
2.9 Сурет – Қысымның таралуы



2.10 Сурет – Қысымның таралуының графигі

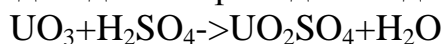
Жерасты сілтілеудің мәнін талдай отырып, процесте көптеген физикалық үдерістер қатысады деп айтуға болады. Сілтісіздендіру барысында өтетін заттың тасымалдануы мен химиялық реакциясын қоспаса болмайды.

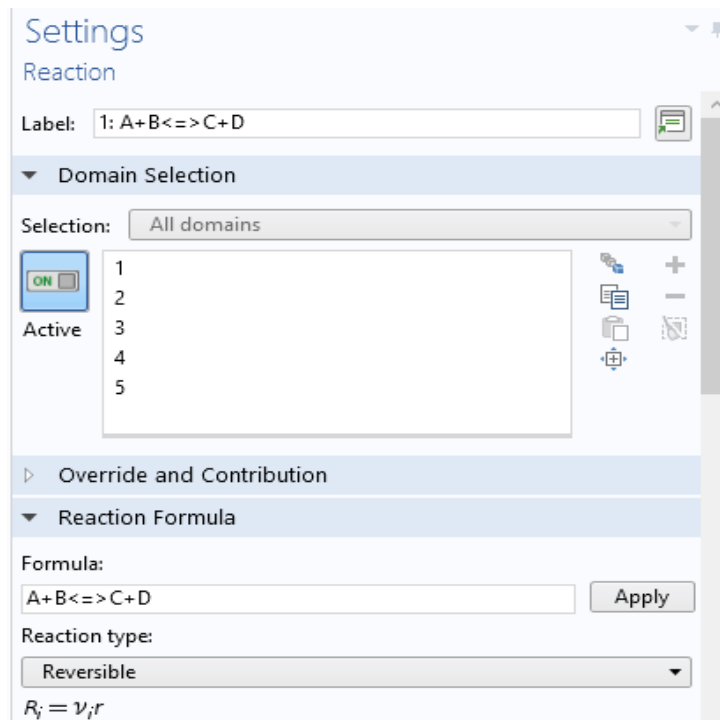
Жоғарыда айтылғандай, модельдеу процесінде жана физикаларды қосуға болады.



2.11 Сурет – Химизмді қосу

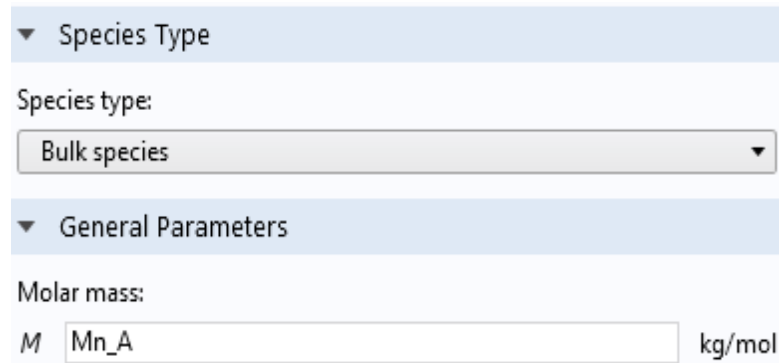
Химизм қасиеттерінде реакциялар бар. Уранды күкірт қышқылымен сілтілеу кезінде уран минералдарының тотығу реакциясы және уранил-ион түріндегі дайын ерітінді болады:





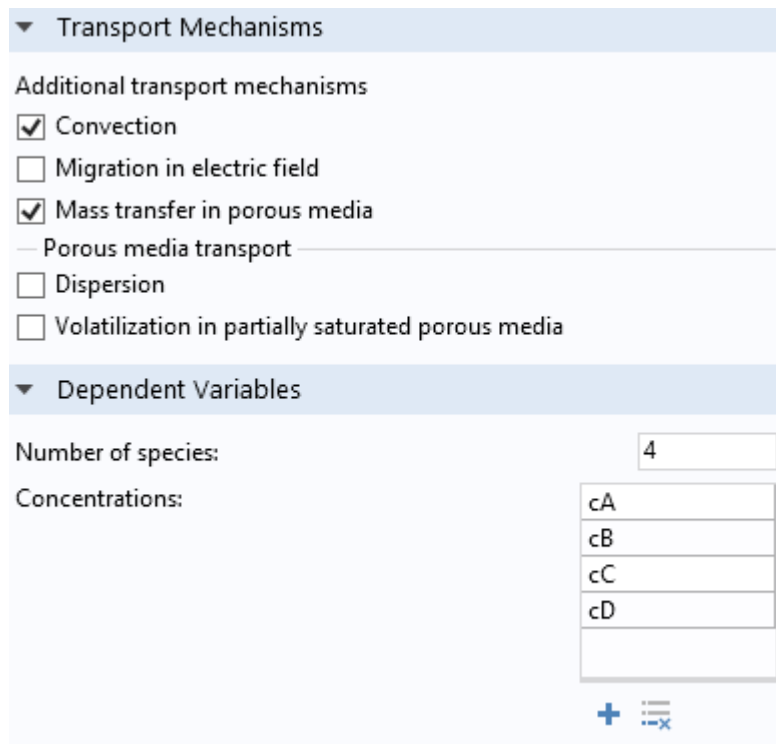
2.12 Сурет - Сілтілеу кезіндегі реакция

Реакцияға қатысатын әрбір зат үшін, мысалы, молярлық масса сияқты сипаттамаларды жазу қажет.



2.13 Сурет –  $UO_3$  сипаттамалары

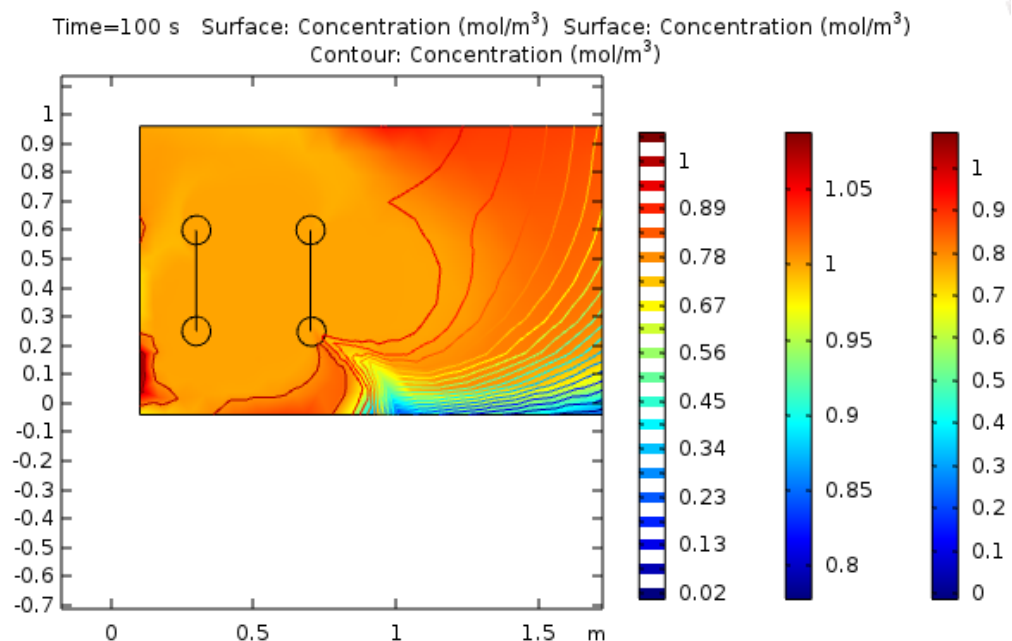
Химизм тапсырмасының шешімі ретінде бүкіл аймақ бойынша концентрацияның таралуы болады, бірақ заттардың тасымалдануын көрсету қажет. Ол үшін *Transport of Diluted Species in Porous Media* физикасынтаңдаймыз.



2.14 Сурет – Физиканың қажетті баптаулары

Тәуелді мәндер төртеу болып табылады. Яғни реакцияға қатысатын әрбір заттардың концентрациясы, сондай-ақ тасымалдау механизмін таңдау, яғни кеуекті ортада массаны ауыстыру жүзеге асырылды.

Сондай-ақ, Transport of Diluted Species in Porous Media үшін барлық бастапқы шарттарды, кірістегі концентрацияны көрсету қажет.



2.15 Сурет – Концентрацияның аймақ бойынша таралуы

Модельде алынған деректер мен эксперименттер негізінде айдау және сору ұңғымаларының арасында кен денесіндегі қысымның ауытқуын анықтауға болады, ол сайып келгенде сілтілеу ерітіндісінің шығынымен бірге жүреді.

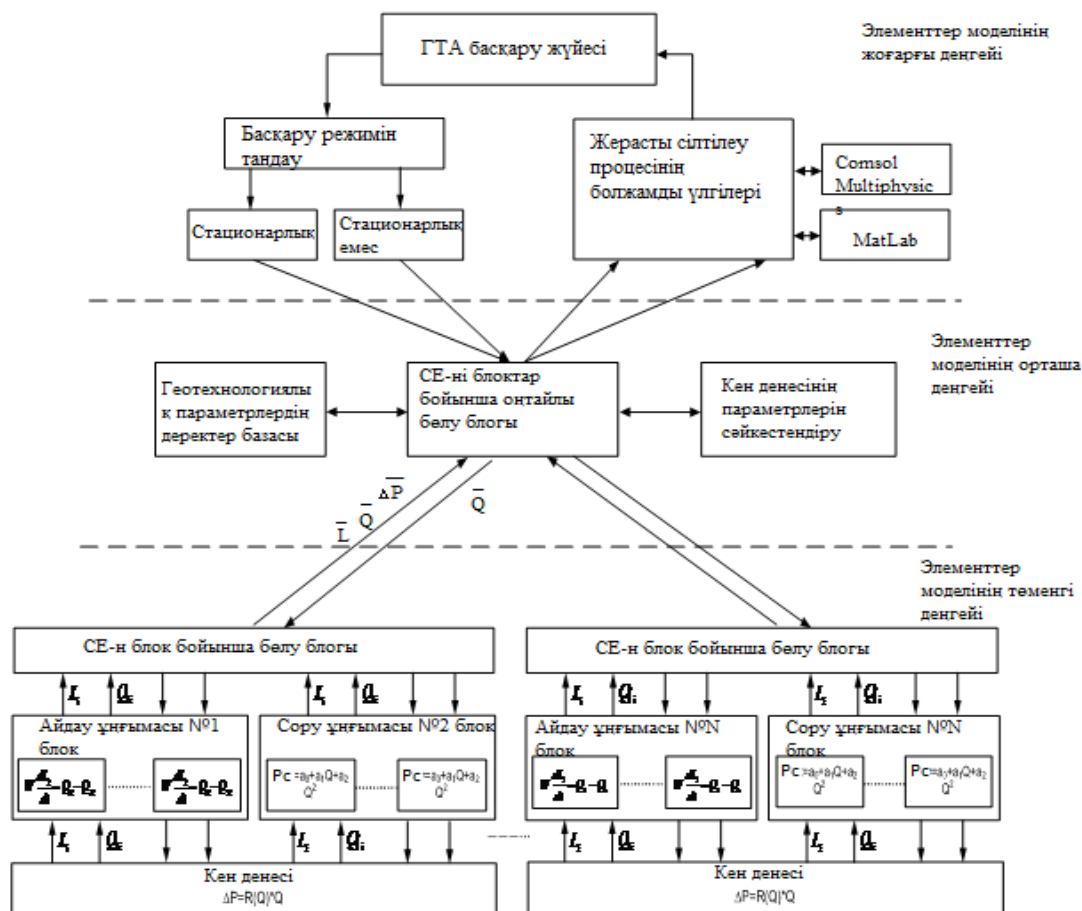
Сонымен қатар, үлгілеу кезінде кіріс ерітіндісінің деңгейін басқару жүзеге асырылды, ал бұл, өз кезегінде, концентрацияны шектеу арқылы дайын өнімнің артуына алып келді.

## 2.5 Жерасты сілтілеудің үш деңгейлі процесін басқару. MatLab-та APЖ реттегіштің параметрлерін реттеу

Жалпы басқару міндетін бірқатар жүйелік міндеттерге бөлуге мүмкіндік беретін үш деңгейлі басқару жүйесін құру қажет.

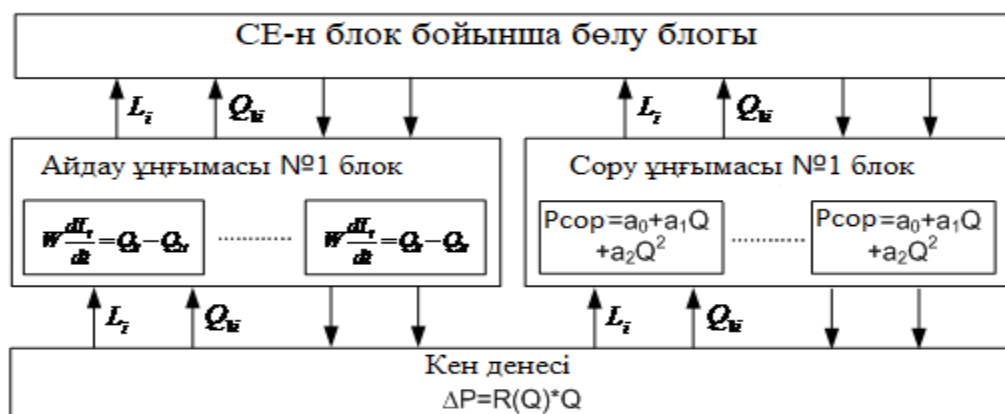
### 2.5.1 Жерасты сілтілеудің үш деңгейлі процесін басқару

Осындай геотехнологиялық өріс болып табылатын күрделі объектіні басқару жүйесін құру үшін 2.16 суретте келтірілген үш деңгейлі иерархиялық құрылымды пайдалану ұсынылады.



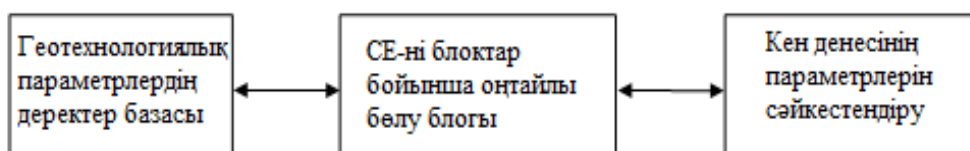
## 2.16 Сурет - Жерасты сілтілеудің үш деңгейлі басқару тізбегі

Басқарудың төменгі деңгейінде негізінен блоктың айдау ұнғымалары бойынша кіретін ерітіндіні бөлу міндеттері шешілетін болады. Бұл деңгейде кен денесінің сүзгі қасиеттері айдау ұнғымаларындағы кіріс ерітіндісінің деңгейі мен шығынның өлшенген мәндерімен бағаланады. Кен денесінің сүзгі қасиеттерінің коэффициенттері басқарудың екінші деңгейіне берілетін болады.



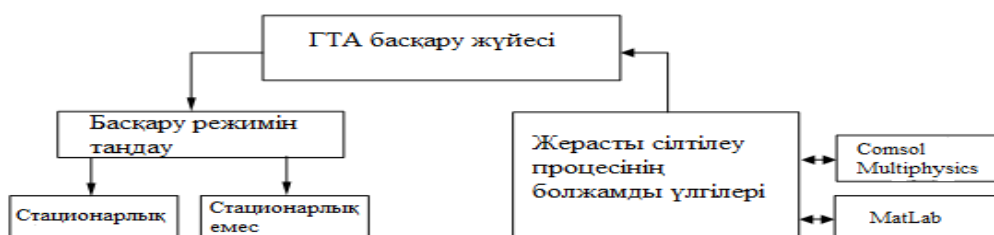
2.17 Сурет - Басқарудың төменгі деңгейі

Басқарудың екінші деңгейінде, кен денесінің сүзу қасиеттерінің ағымдағы жағдайына және өнімді ерітіндідегі өнім құрамының тәуліктік көрсеткіштеріне сәйкес, блоктар бойынша геотехнологиялық өрістің (алаңның) кіріс ерітіндісін оңтайлы бөлу міндеті іске асырылады, бұл ретте блоктардың кіріс ерітіндісінде металл құрамының болжамды моделін пайдалана отырып жасалынады [17].



2.18 Сурет - Басқарудың орташа деңгейі

Жоғарғы, үшінші деңгейде жалпы геотехнологиялық алаңды жерасты сілтілеу процесін басқарудың иерархиялық жүйесі синтезделеді.



## 2.19 Сурет - Басқарудың жоғарғы деңгейі

Мұнда келесі тапсырма қалыптасады:

- блоктар бойынша сілтілеудің нәтижелерін талдау;
- сілтілеу режимін, стационарлық режимін, қалыпты сілтілеу режимін және кен денесінің тоқтап қалған аймақтарын сілтілеу үшін стационарлық емес режимді таңдау.

Бұдан басқа, геотехнологиялық алаңды басқарудың иерархиялық жүйесінің үйлестіруші қасиеттерін зерттеу талап етіледі және бұл ретте осы процесс көрсеткіштерінің шамалы жақсаруы айтарлықтай экономикалық және экологиялық әсерлерге әкелуі мүмкін екенін ескеру қажет.

### **2.6 Жүйенің автоматикасының құрылымы мен құралдарын таңдау. Клапандардың түрлері**

АБЖ техникалық құралдарының кешенді басқару процестерін, сондай-ақ оңтайландыру міндеттерін неғұрлым тиімді шешуді қамтамасыз ету мақсатында технологиялық объектілердің жұмысы туралы ақпаратты жинау, беру, өңдеу, сақтау және жаңғырту процестерін әзірлеуге арналған техникалық құрылғылар кешені болып табылады.

Сұлба әзірлеу үшін АБЖ техникалық құралдар кешенді автоматика құралдарын таңдау қажет.

*Микроконтроллерді таңдау:*

а) Arduino UNO R3 микроконтроллері ATmega328 бойынша салынған. Платформада 14 сандық кірісі/шығысы бар (оның 6 ШИМ шығу ретінде пайдаланылуы мүмкін), 6 аналогтық кіріс, 16 МГц кварц генераторы, USB қосқышы, күш қосқышы, ICSP қосқышы және қайта жүктеу батырмасы бар. Жұмыс істеу үшін платформаны компьютерге USB кабелі арқылы қосу немесе AC/DC адаптерінің немесе батареяның көмегімен қуат беру қажет;

б) Arduino Micro микроконтроллері ATmega32u4 бойынша салынған. Платформада 20 сандық кірісі/шығысы бар (оның 6 ШИМ шығу ретінде пайдаланылуы мүмкін), 12 аналогтық кіріс, 16 МГц кварц генераторы, USB қосқышы, қуат қосқышы, ICSP қосқышы және қайта жүктеу батырмасы бар. Жұмыс істеу үшін платформаны компьютерге micro – USB кабелі арқылы қосу қажет;

в) Arduino Nano микроконтроллері ATmega168 бойынша салынған. Платформада сандық 14 кірісі және 6 шығысы бар, 8 аналогтық кірісі, 16 МГц кварц генераторы, micro-USB қосқышы, күш қосқышы, ICSP қосқышы және қайта жүктеу батырмасы бар. Жұмыс істеу үшін платформаны компьютерге USB кабелі арқылы қосу қажет.

Контроллерлердің сипаттамаларын салыстыра отырып (2.1 Кесте), ArduinoUno контроллері таңдалады, өйткені ол баға және сапа талаптарына

сәйкес келеді, аналогтық және цифрлық порттары көп және дәнекерлеу элементтерін қажет етпейді[24].

## 2.1 Кесте - Микроконтроллерлердің салыстырмалы талдауы

Модель атауы	Arduino Uno	Arduino Micro	Arduino Nano
Процессор	ATmega328	ATmega32u4	ATmega168
Жиілігі	16	16	16
EEPROM, Кбайт	1	1	0,512
Аналогтық кіріс	6	12	8
Аналогтық шығыс	6	12	8
Дискретті кіріс	14	20	14
Дискретті шығыс	14	20	6
Бағасы	7524 тг	8360 тг	8360 тг

### *Шығын өлшегішті таңдау:*

а) Бейтарап және агрессивті сұйықтықтардың микро шығындарын өлшеуге арналған burkert 8031 шығын өлшегіші. 8031 шығын өлшегіші 10-100 л/сағ және 20-250 л/сағ диапазондары үшін шығарылады. Шығын өлшегіш бейтарап сұйықтықтарға арналған POM және агрессивті сұйықтықтарға арналған ECTFE материалдарынан шығарылады. Шығыс сигналы-NPN. Сигнал тиісті кіріс сигналы бар контроллерге немесе burkert 8025 панелі немесе қабырға түрлендіргішіне берілуі мүмкін. Шығын өлшегіш сұйықтық шығынын реттегіш 8611 және burkert 2834 пропорционалды клапанынан тұратын реттеу жүйесіне біріктірілуі мүмкін;

б) KFF моделінің KOBOLD фирмасының шығын өлшеуіштері сұйықтықтың аз және аса аз шығындарын өлшеу үшін қолданылады. KFF сериялы шығын өлшегіштер Ryton® және жезден қол жетімді. Шығын өлшегіштердің жұмыс істеу принципі Пелтон принципіне негізделеді, ол өлшенетін ортада қалақты айналдырады. Айналмалы қозғалыс фотодиод көмегімен электр импульстеріне айналады. Шығын деңгейі жиілік сигналы ретінде немесе тұрақты токтың желілік аналогтық сигналы (0-5 В) ретінде шығарылады;

в) DTK шығын өлшегішінің моделі тұтқырлығы төмен сұйықтықтарды өлшеу және бақылау үшін қолданылады. Оның шағын дизайны оны кеңістік шектелген жабдықта пайдалануға мүмкіндік береді. Орта арнайы формадағы корпус арқылы өтеді және қалақтың айналуын тудырады. Дөңгелектегі екі магнит Холлдың датчигінде электрлік импульстер жасайды. Жиілік ағын



жылдамдығына тікелей пропорционалды. Электроникада бағалау үшін өлшеу, бақылау және мөлшерлеу үшін осы сигналдарды пайдаланады.

## 2.2 Кесте - Шығын өлшегіштің салыстырмалы талдауы

Модель	burkert 8031	kobold kff-3108	kobold dtk-1230
Диапазон, л / сағ	20-250	12-300	18-300
Қателігі, %	2	3	2
Қайталануы	0,8	0,2	0,25
К-фактор	3400	-	-
Қ. орта темп, С	-10-нан 55 дейін	0-ден 50 дейін	-15-тен 60 дейін
Жұм. темп, С	-10-нан 80 дейін	-10-нан 55 дейін	-20-дан 80 дейін
Жұм. қысым, бар	5	4	30
Қосылым	1/4"	3/8"	1/4"
Қорғау сыныбы	IP65	IP65	IP65
Бағасы, тг	49 940	76 400	70 000

Шығын өлшегіштердің сипаттамаларын салыстыра отырып (2.2кесте), сапа мен баға талаптарына burkert8031 шығын өлшегіші сәйкес келеді және таңдалады[24].

*Сорғыны таңдау:*

Орталық сумен жабдықтау тұтынушылардың қажеттіліктерін әрқашан қанағаттандырмайды, әсіресе, үйлер ауылдық жерлерде орналасқан шағын саяжайлар болғанда. Қолайлы ұңғымалық сорғыны таңдау көбінесе ұңғымалардың немесе құдықтардың бірнеше параметрлеріне байланысты:

- Тереңдік;
- Диаметрі;
- Суда қоспалардың болуы;
- Электр желісіне қосылу мүмкіндіктері;
- Болжанатын өнімділік.

## 2.3 Кесте - Ұңғымалық сорғының салыстырмалы талдауы

Моделі	CH-90B	CH-100B	CH-100
Қоректендіру кернеуі	220В/50Гц	220В/50Гц	220В/50Гц
Қуаты	550 Вт	1100 Вт	1100 Вт
Қорғау дәрежесі	IP68	IP68	IP68
Суды макс. көтеру биіктігі	90м	100м	90м
Макс. Өндіріс	1500 л/сағ	2400 л/сағ	3000 л/сағ

Судың макс. температурасы	+35°C	+35°C	+35°C
Суға батудың макс. Тереңдігі	35м	35м	60м
Сорғы бөлігінің материалы	хром.болат	хром.болат	Жез
Бағасы, тг	28 000	33 000	39 000

Ұңғымалардағы терең сорғылардың сипаттамаларын салыстыра отырып (2.3кесте), ВИХРЬСН-90Всорғысы сапа мен баға талаптарына сай таңдалды[24].

*Сұйықтық деңгейі датчигін таңдау:*

а) Nivopoint таза сұйықтық деңгейінің сигнализаторлары нақты деңгейге бақыланатын сұйықтыққа қол жеткізуге сәйкес келетін сигналдарды қалыптастыруға арналған. Өлшенетін деңгейге сәйкес түйісудің тұйықталуы/ажыратылуы сәйкес келеді;

б) FineTekFC FCH23FDD05X деңгейдің сигнализаторы +120°C аспайтын температурада PVDF – поливинилиденфторид (Фторопласт-2) датчигінің материалымен үйлесімді сұйықтықтар, ерітінділер немесе су деңгейін сигнализация үшін қолданылады;

в) FCH61PDA сұйықтық деңгейінің қалқымалы магнитті сезгіш геркон датчигі көлденең қондырғымен және қалта тік орналасуымен сипатталады. -20°C-тан +80°C-қа дейінгі температурамен, көлемдік тығыздығы 0,55 г/см<sup>3</sup> кем емес, полипропиленмен үйлесімді сұйықтықтың шекті деңгейін бақылау және дабылдауға арналған. Датчик қақпағы жоқ резервуарлар мен ыдыстарда немесе қандай да бір себептермен қақпаққа тік датчикті орнату мүмкін болмаған кезде (алынбалы немесе топсалы қақпақ) алмастырылмайды.

#### 2.4 Кесте - Сұйықтық деңгейі датчиктерінің салыстырмалы талдауы

Моделі	Nivopoint	FineTekFC FCH23FDD05X	FineTekFF FCH61PDA
Процесс қысымы	2,5 МПа дейін (25 бар)	4 бар дейін	40 бар дейін
Процестің температурасы	-40...+150°C	-20...+120°C	-20....+80°C
Жүктеме қабілеті	250В АС 3А контактіге ажыратқыштар бойынша (ең көп 9А дейін)	50Вт макс., 240В АС/200В DC макс., 0,5А макс., макс. өтпелі ток 1А	60Вт макс., 250В макс., 5А макс.
Сұйықтық тығыздығы	0,5 кг/литрден	0,55 кг/литрден	0,55 гр/см <sup>3</sup> -тен
Ерекшеліктері	IP65 қорғаудеңгейі. Тік орнату	Химиялық төзімді орындау. Кабель мен ажыратқыш	Жоғары температуралық орындау, агрессивті

		жалғау. Бүйірлік және тік орнату	орта үшін орындау. Бүйір және тік орнату
Бағасы, тг	27 000	17 000	14 000

Су деңгейі датчиктерінің сипаттамаларын салыстыра келе (2.4-кесте), FineTekFF FCH61PDA датчигі таңдалады, себебі ол сапа талаптарына сәйкес келеді[18].

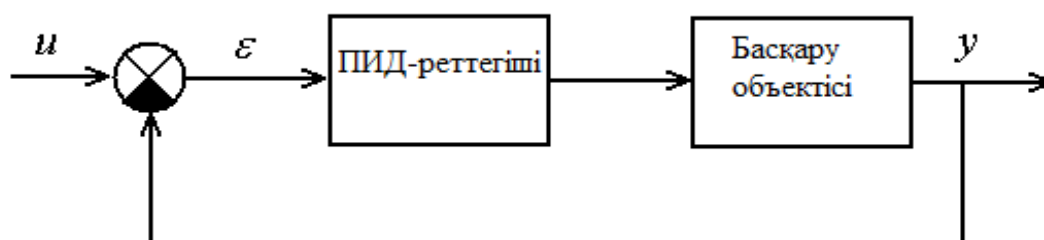
## 2.7 MatLab-да APЖ реттегішінің параметрлерін баптау

Реттелетін шаманың, интегралдың және одан туындайтын өзгеруіне байланысты реттеуші әсерді қалыптастыратын ПИД-реттегіштер технологиялық процестерді автоматты басқару жүйелерінде практикада жиі қолданылады. Бұл реттегіштердің беріліс функциясы әдетте келесідей ұсынылады:

$$W(s) = K_P(1 + \frac{1}{T_I s} + T_D s) = K_P + K_I \frac{1}{s} + K_D s, \quad (2.15)$$

мұндағы  $K_P$ ,  $T_I$ ,  $T_D$  – сәйкесінше беру коэффициенті;  $n$  тұрақты интегралдау және дифференциалдау уақыты.

Нысанды басқарудың пропорционалды-интегралдық-дифференциалдық заңына негізделген реттегіші бар жүйенің құрылымдық диаграммасы 2.20 суретте көрсетілген[19].



2.20 Сурет – ПИД - реттегішімен тұйықталған жүйе

2.20 - суреттегі модальді реттегіштен айырмашылығы, ПИД-реттегіш әдетте реттелетін айнымалы бойынша кері байланысты пайдаланады. Сәйкесінше, оның мүмкіндіктері, жалпы жағдайда, модальді реттегішке қарағанда айтарлықтай аз. ПИД-реттегіштердің басты артықшылығы олардың іске асырылу қарапайымдылығы мен әмбебаптығы болып табылады.

Алайда, кең таралған көрініске қарамастан, ПИД-реттегішін баптау оңай емес. Үш параметр бойынша ізделеніп, реттеу керек екенін айтпағанда,

тапсырма тым көп болып шығады. Сонымен, егер ПИ-реттегіш үшін априориға тарату коэффициентін азайту және объектілердің, әдетте, қолданыстағы динамикасында тұрақты интегралдау уақытын арттыру әрдайым тұрақтылық қорын ұлғайтуға алып келеді, онда ПИД-реттегіштері бар жүйелер үшін мұндай бекіту дұрыс емес болуы мүмкін[19].

*Циглер-Николсты реттеудің эмпирикалық әдісі*

Бұл әдіс алғаш рет 1942 жылы Циглер мен Никольстың екі американдық инженерлерінің жұмысында жазылған. Бұл әдістің мәні:

- жұмыс істеп тұрған жүйеде ПИД - реттегіштің интегралды және дифференциалды құрамдастары ажыратылады ( $T_I = \infty, T_D = 0$ ), яғни жүйе П-реттеу Заңына ауыстырылады;

- бір мезгілде шағын секіріс тәрізді кіріс сигналын бере отырып  $K_P$ , тізбекті арттыру арқылы жүйеде кезеңмен өшпейтін тербелістердің пайда болуына қол жеткізіледі  $T_{KP}$ . Бұл жүйенің тербеліс тұрақтылығы шекарасында шығарылуына сәйкес келеді. Бұл жұмыс режимі пайда болған кезде реттегіштің күшейтуінің критикалық коэффициентінің мәні  $K_{KP}$  және жүйедегі критикалық тербелістер кезеңі тіркеледі  $T_{KP}$ . Критикалық тербелістер пайда болған кезде бір де бір айнымалы жүйе шектеу деңгейіне шықпауы тиіс;

- бұдан әрі 2.5 -кестеде келтірілген формулалар бойынша ПИД-реттегіштің параметрлері есептеледі және белгіленеді[19].

Кесте 2.5 –ПИД-реттегіш параметрлерін есептеу формулалары

	$K_P$	$K_I$	$K_D$
П-реттегіш	$0.5 K_{KP}$		
ПИ-реттегіш	$0.45 K_{KP}$	$0.54 K_{KP} / T_{KP}$	
ПИД-реттегіш	$0.5 K_{KP}$	$1.2 K_{KP} / T_{KP}$	$0.075 K_{KP} / T_{KP}$

Бұл әдіс параметрлерін дәл өлшей алмайтын тұрақты объектілерді басқарудың тұйық жүйесінің айтарлықтай орташа динамикалық сапасын қамтамасыз ету жеткілікті болған кезде қолдануға ыңғайлы. Көптеген мамандар үлкен қайта реттеу әдісінің басты кемшілігі деп атайды және жүйені орнықтылық шекарасына шығаруды қажет ету керек дейді. Дегенмен, әдіс өте танымал және тәжірибеде кеңінен қолданылады. Әсіресе, реттегіштің бастапқы нұсқасын алу үшін ыңғайлы, болып келеді[19],[20].

Электромагниттік клапанның беріліс функциясын таңдау және есептеу

Жабдыққа қойылатын басты талап оның тікелей токпен жұмыс істеуі болғандықтан, жүйені іске асыру үшін полярланған реле негізінде электромагниттік клапанды таңдау қажет.

Техникалық тапсырма шарттарына сүйене отырып, келесі техникалық

сипаттамалары бар РП - 5 типті поляризацияланған реле таңдалады:

- $U_{\max} = 100$  В релесі орамындағы максималды кернеу;
- Номиналды қозу 10 а-в;
- Орамның жүктемесі  $P_{\text{жүк}} = 1$  Вт;
- Максималды жұмыс жиілігі  $f_{\text{жүм}} = 200$  Гц;

$R_{\text{орам}}$  орамдарының кедергісі 3000 Ом. Бұл клапанның артықшылығы-төмен кешіктірілу және іске қосылу уақыты, клапан штокында дамиды күш, жиі ауыстырып қосу мүмкіндігі.

Клапанда сызықты емес беріліс функциясы бар, сондықтан сызықтандыруды жүргіземіз. Сызықтандыру коэффициенті 4-ке тең, өйткені статикалық сызықтандыру әдісі болғандықтан, беріліс функциясы шамамен сызықтандыру коэффициентіне тең. Беріліс функциясы бар:

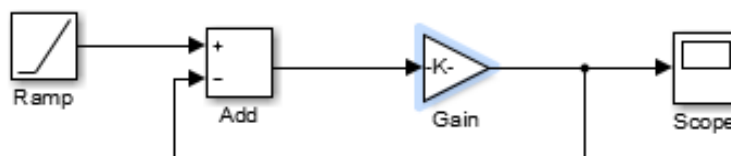
$$W_K(p) = \frac{4 \cdot B}{\pi \cdot A}, \quad (2.16)$$

мұндағы  $B$  - электромагниттік клапанның өтпелі тесігінің шартты өту диаметрі,  $B = 5$  см;

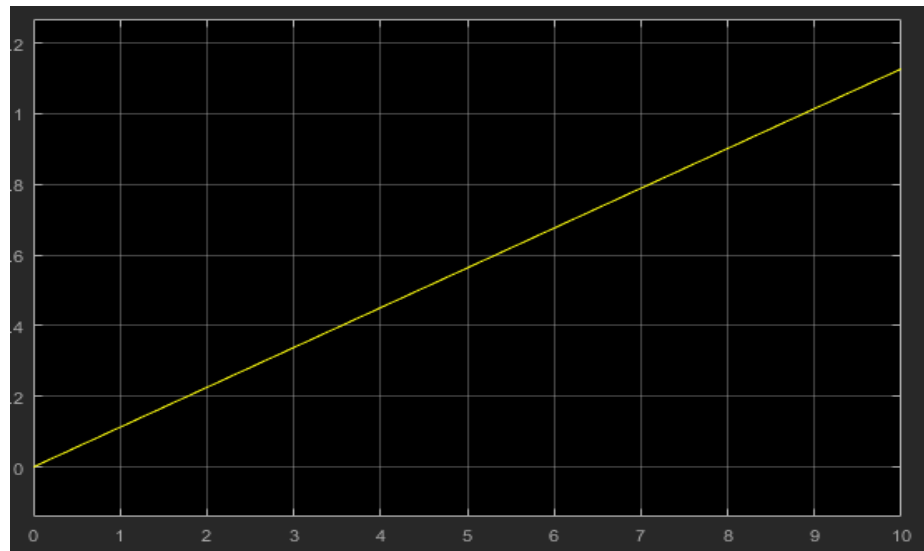
$A$  - күшейткіштен шығатын электромагниттік клапанның кіруіне түсетін құрылғы кірісіндегі сигнал,  $A = 50$  В[25].

Осылайша, клапанның келесі беріліс функциясын аламыз:

$$W_K(p) = \frac{4 \cdot 5}{\pi \cdot 50} = 0,127 \quad (2.17)$$



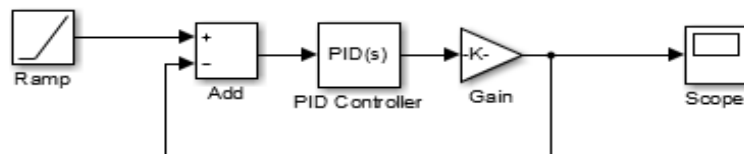
2.21 Сурет– Электромагниттік клапанның құрылымдық сұлбасы



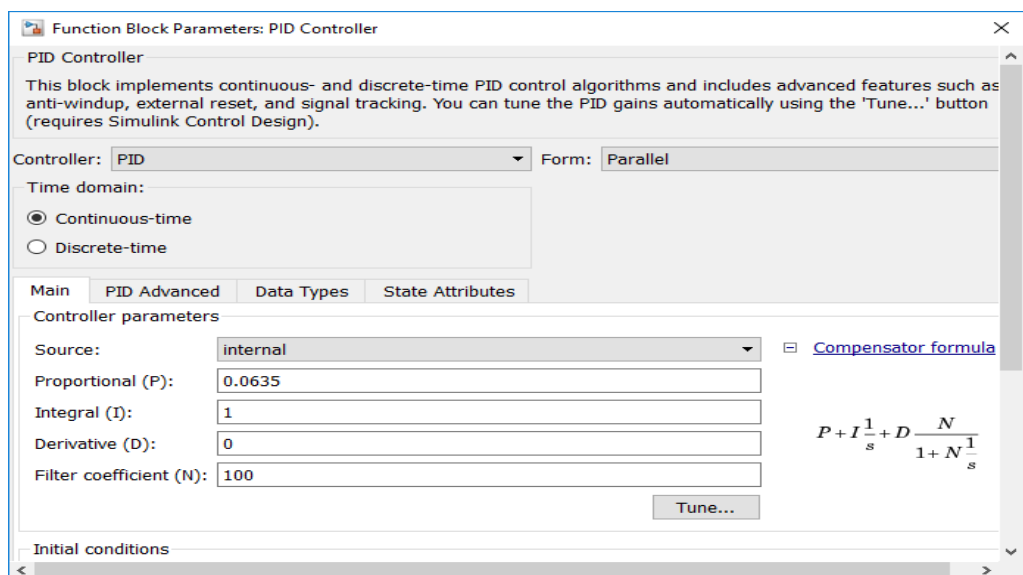
2.22 Сурет– Клапанның өтпелі сипаттамасы

Енді реттегішті реттеуді есептейміз:

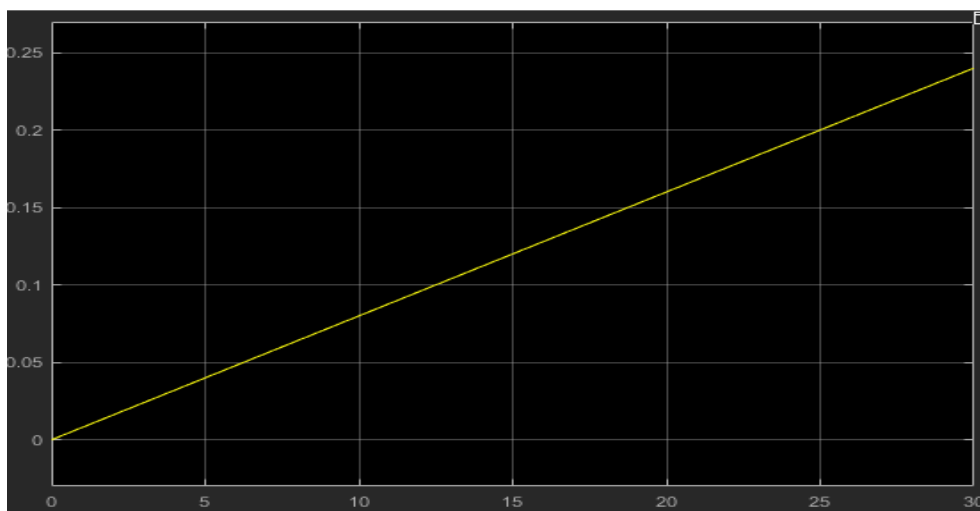
$$W(p) = 0.5K_{KP} = 0.5 * 0.127 = 0.0635$$



2.23 Сурет – П-реттегіші бар электромагниттік клапанның құрылымдық сұлбасы



2.24 Сурет- П – реттегішінің теңшеу параметрлері



2.25 Сурет –II-реттегіші бар клапанның өтпелі сипаттамасы

### 3 Метрологиялық бөлімді есептеу

#### 3.1 Сипаттамасы және техникалық ерекшеліктері

##### *Өлшеу құралдарының тағайындалуы*

«КУБ-5» электромагниттік шығын өлшегіш, құбырдағы ағып жатқан сұйықтықтың көлемін және үлкен көлемді ағынды өлшеуге арналған.

Шығын өлшегіш  $10^{-3}$ -ден 10 См/мин-ке дейін меншікті электр өткізгіштігін есепке ала отырып, жарылыс қаупі жоқ сұйық ортаның көлемдік шығынының 4-тен 20 мА (0 плюс 20 мА) дейін тұрақты токтың біріздендірілген (унифицирленген) стандартталған шығыс сигналына түрлендіру үшін қолданылады. Шығыс сигналы өлшеу тізбегіне гальваникалық түрде қосылмаған. "КУБ-5" электромагнитті шығын өлшегіші электромагнитті шығын датчигінен және бірлесіп жасалған электрондық блоктан тұрады.

«КУБ-5» электромагнитті шығын өлшегіштердің әрекет ету принципі құбырдағы ағатын сұйықтықтың ағыны магнит өрісі арқылы ағынның жылдамдығына пропорционал болғанда пайда болатын электромагнитті күштің өлшеуіне негізделген. Электр қозғаушы күш электродтармен қабылданады және құбырдағы ағатын сұйықтықтың көлемдік ағыны мен көлемдік шығын мәніне айналады.

Құрылымы мен құрамы бойынша «КУБ-5» электромагнитті шығын өлшегіштері жұмыс сұйықтығы бар құбырға тікелей Орнатылатын шығынның электромагнитті түрлендіргішін және сигналдарды шығынның электромагнитті

түрлендіргішінен түрлендіру үшін пайдаланылатын өлшеу блогын, деректерді бейнелеу және сақтау экранын қамтиды.

Электромагниттік шығын түрлендіргіш магнитті емес материалдан жасалған құбырдың (келтеқұбырдың) бөлігі болып табылады. Электромагниттер жүйесі бар келтеқұбыр ағында магнит өрісін жасайды. Құбырдың ішкі бетінде сұйықтықтың ағатын ағынымен контактіге арналған электродтар бар. Келтеқұбырдың ішкі беті электр оқшаулағыш материалдан тұрады. Бастапқы түрлендіргіштің құбырмен қосылуы фланецті, фланецті емес, бұрандалы немесе штуцерлі болуы мүмкін.

Өлшеуіш блок электрлік қоректендіру клеммаларына қол жеткізу және корпус ішіндегі өзара байланыс мақсатында гермовводтары бар корпустан тұрады. Өлшеу блогы бастапқы түрлендіргіште де, алыстағы нұсқада да конструктивті түрде орналасуы мүмкін. Өлшеуіш блок (тапсырысқа байланысты) жинақталуы мүмкін: сұйық кристалды индикатор, пернетақта, ток, жиілік, импульстік, релелік шығыс, RS232, RS485, HART, USB байланыс интерфейстері, қосымша өлшеу блогы, сондай-ақ өлшеу нәтижелерін шығару арналар саны және басқа да ақпарат.

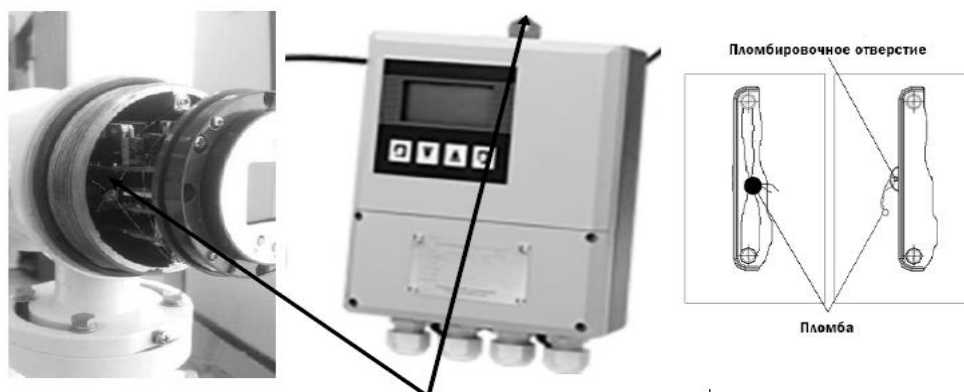
Техникалық сипаттамалары:

- шартты өту диаметрі 10÷50 мм;
- тұрақты токтыңшығыс электр сигналы 4÷20мА;
- сандық индикация режимі;
- келтірілген негізгі қателіктің рұқсат етілген шегі  $\pm 1\%$ ;
- өлшенетін ортаның температурасы 0÷50С.



3.1 Сурет - Электромагнитті шығын өлшегіштердің жалпы түрі «КУБ-5»





3.2 Сурет - Рұқсатсыз кіруден пломбалау схемасы, «КУБ-5» электромагниттік шығын өлшегіштерді тексеру белгілерін салу орнын белгілеу.

### 3.2 Шығынды өлшеу қателігін есептеу

Өлшенетін мән  $-Q_k=15 \text{ м}^3/\text{сағ}$ ;

Негізгі қателік  $-\Delta_{\text{нег}} = \pm 1\%$ ;

Үтірден кейінгі белгілер саны бойынша өлшеу дәлдігі  $-d=0,001 \text{ м}^3/\text{сағ}$ ;

Аспапты өлшеу диапазоны  $-X_N = 0 \div 30 \text{ м}^3/\text{сағ}$ .

(3.1) келтірілген қателік формуласынан

$$\Delta_{\text{нег}} = \frac{\gamma_{\text{нег}}}{X_N} \cdot 100\% \quad (3.1)$$

$\gamma_{\text{нег}}$  білдіру қажет:

$$\gamma_{\text{нег}} = \frac{\Delta_{\text{нег}} \cdot X_N}{100\%} \quad (3.2)$$

Енді сандық мәндерді қойып, негізгі қателіктің мәнін есептеу керек:

$$\gamma_{\text{нег}} = \frac{1\% \cdot 30 \text{ м}^3/\text{сағ}}{100\%} = 0,3 \text{ м}^3/\text{сағ}$$

Ағын өлшегішінің өлшеу қателігін табу үшін өлшеу дәлдігін 2-ге бөлу арқылы табылатын дискретизацияның қателігін ескеру қажет. Яғни:

$$\gamma_{\text{дискр}} = \frac{d}{2}, \quad (3.3)$$

$$\gamma_{\text{дискр}} = \frac{0,001}{2} = 0,0005 \text{ м}^3/\text{сағ}$$

Ағынды өлшегіштің жалпы қателігін (3.4) формула бойынша есептеу керек:

$$\gamma_{\Sigma} = \sqrt{\gamma_{\text{жал}}^2 + \gamma_{\text{дискр}}^2}, \quad (3.4)$$

$$\gamma_{\Sigma} = \sqrt{0,3^2 + 0,0005^2} = \sqrt{0,09000} = 0,3000 \text{ м}^3/\text{сағ}$$

Осыдан:

$$Q_{\text{шығ}} = (Q_{\text{кір}} \pm \gamma_{\Sigma}) \text{ м}^3/\text{сағ}, \quad (3.4)$$

$$Q_{\text{шығ}} = (15 \pm 0,3000) \text{ м}^3/\text{сағ} \cong (15,0 \pm 0,3) \text{ сағ}$$

Нәтижесі дөңгелектеуді ескере отырып жазылуы қажет. Дөңгелектеуді қателіктен бастау керек. Егер бірінші сан (0 - ден басқа) - 1 немесе 2 болса, онда математикалық дөңгелектеу есебі бойынша осы санды және одан кейінгі санды қалдырамыз, егер бірінші сан 3..9 болса, онда математикалық дөңгелектеуді есебі бойынша тек сол санды ғана қалдырамыз. Дөңгелектеу кезінде қателікте қанша разрядтар шықса, кіріс мәнінде де дөңгелектеу есебімен сонша разрядтар болуы тиіс екендігін есте сақтау керек.

## **4 Техникалық - экономикалық негіздеме**

### **4.1 Уран өндіру кезінде сілтілеу моделінің сипаттамасы**

Тиімділік деп жүйенің өзара байланыс деңгейі түсініледі және ол оның алдына қойылған мақсаттарға байланысты болады. Экономикалық тиімділік - бұл жүйені әзірлеуге, енгізуге, жаппай пайдалануға және одан әрі жаңғыртуға арналған шығындардың және оны пайдаланудан алынатын пайданың қатынасы.

Ұйымдастырушылық, ақпараттық және экономикалық факторлар автоматтандырылған жұмыс орындарын әзірлеу мен енгізудің тиімділігіне әсер етеді.

Ұйымдастырушылық нәтиже талдау жұмыстарын жүргізу уақытын және қабылданған басқарушылық шешімдердің тиімділігін бағалауды арттырудан көрінеді. Мұндай әсерге деректерді жүйелі және реттелген есепке алу үшін қызметкерлерді күнделікті жұмыстан босату, құжаттардың үлкен көлемін енгізу және тізілімдерге есеп жүргізу, алынған деректерге талдау және салыстыру жасау арқылы қол жеткізуге болады[21].

Ақпараттық фактор қызметкерлердің хабардарлық деңгейінің ұлғаюынан көрінеді.

Экономикалық фактор объектінің одан әрі дамуына әсер ететін негіздерді көрсете отырып, өндірістік ресурстарды толық көлемде қолдануды уақтылы жетілдіруге бағытталған.

Экономикалық бөлімнің негізгі міндеттері:

- бағдарламалық өнімнің өзіндік құнын немесе жоспарлы шығындарды анықтайтын негізгі өлшемдер мен көрсеткіштерді талдау;

- таңдалған алгоритм шеңберінде жоспарлы шығындарды немесе шығындар сметасын есептеу[21].

Дипломның экономикалық бөлімі талданатын объектінің барлық аспектілері, оның ішінде өндіріс көлемі, өнімді өткізу және өткізу тәсілдері, адам ресурстарын тиімді пайдалану, өндіріс шығындары мен қаржылық нәтижелер, яғни тиімділік бар.

Бұл дипломдық жобада уран өндіру кезінде сілтілеу процесін модельдеу жасалған. Модельдеу жұмыс істемейтін кеніштерде уран өндіруді арттыруға көмектеседі, бұл пайданы едәуір арттырады. Яғни, жана ұңғымаларды бұрғылаудың қажеті жоқ, бұл өте қымбат, ерекше әдістермен өндірілген уранның саны азайған дайын кенішті ғана пайдалану қажет. Бұл бағдарламалық өнім COMSOL Multiphysics мультифизикалық модельдеу ортасында жасалған.

### **4.2 Уран өндіру кезінде сілтілеу моделін әзірлеудің еңбек сыйымдылығын есептеу**

Еңбекақы төлеуге арналған шығындардың компоненттерін анықтаудың

негізгі көрсеткіші мынадай формула бойынша есептеледі:

$$Q = q \times c, \quad (4.1)$$

мұндағы  $Q$  - командалар саны;  
 $q$  - есептің түріне байланысты командалардың шартты санын ескеретін коэффициент;

$c$  - бағдарламаның жаңалығы мен күрделілігін ескеретін коэффициент.

Негізгі көрсеткішті шешу үшін  $c$  және  $q$  коэффициенттерін таңдау қажет (4.1 - 4.2 кесте).

#### 4.1 Кесте - $Q$ коэффициентінің мәні

Тапсырма түрі	Коэффициенттің өзгеру шегі
Есеп	1400-ден 1500-ге дейін
Жедел басқару	1500-ден 1700-ге дейін
Жоспарлау	3000-нан 3500-ге дейін
Көп нұсқалы	4500-ден 5000-ға дейін
Кешенді	5000-нан 5500-ге дейін

#### 4.2 Кесте– Еңбексыйымдылығын есептеу коэффициенттері

Бағдарламалау тілі	Күрделілік тобы	Жаңашылдық дәрежесі				Коэффициент В
		А	Б	В	Г	
Жоғары деңгейдегі	1	1,38	1,26	1,15	0,69	1,2
	2	1,30	1,19	1,08	0,65	1,35
	3	1,20	1,10	1,00	0,60	1,5
Төмен деңгейдегі	1	1,58	1,45	1,32	0,79	1,2
	2	1,49	1,37	1,24	0,74	1,35
	3	1,38	1,26	1,15	0,69	1,5

Жоғарыда көрсетілген кестелерден  $q = 3200$ ,  $c = 1,20$  және  $B = 1,5$  мәндері таңдалған дамыту тіліне сәйкес келетіндей етіп таңдалынды.

(4.1) теңдеуге коэффициенттерді қойып COMSOL Multiphysics мультифизикалық модельдеу ортасында бағдарламалық өнімді іске асыру үшін қажетті командалардың санын есептейміз:

$$Q = 3200 \times 1,20 = 3840 \text{ (код жолдары).}$$

Содан кейін модельді әзірлеуге кеткен уақытты есептеу қажет.

Модельді әзірлеудің жалпы уақыты әр түрлі құрамдастардан тұрады. Уран

өндіру моделін жасау процесінің жалпы уақытша құрылымы 4.3-кестеде көрсетілген.

#### 4.3 Кесте - Процесс моделін жасауға арналған жалпы уақыт құрылымы

Кезең №	Осы кезеңнің уақытын белгілеу	Кезеңнің Мазмұны
1	$T_{cd}$	Тапсырманың сипаттамасын дайындау
2	$T_c$	Тапсырманың сипаттамасы
3	$T_a$	Алгоритмді әзірлеу
4	$T_{geom}$	Объектінің геометриясын жасау
5	$T_j$	COMSOL мультифизикалық моделін жасау
6	$T_p$	Бағдарламаны толтыру
7	$T_b$	Бағдарламаны баптау және тестілеу
8	$T_k$	Құжаттаманы, пайдаланушыға нұсқаулықты, түсіндірме жазбаны ресімдеу

Уақыт адам-сағаттарда есептеледі,  $T_{cd}$  жұмыс істеген уақыт бойынша алынады, ал қалған кезеңдердің уақыты  $Q$  командаларының шартты саны бойынша есептеу көмегімен есептеледі.

Процесс моделін жасаудың әрбір кезеңіне жұмсалған уақытты анықтаймыз:

$T_{cd}$  тапсырманың сипаттамасын дайындау уақыты, факт бойынша алынады және (3 күннен 5 күнге дейін 8 сағаттан) құрайды.

$$T_{cd} = 40 \text{ адам / сағ.}$$

$T_c$  есепті сипаттау уақыты келесі формула бойынша анықталады:

$$T_c = Q \times B / (50 \times K), \quad (4.2)$$

мұндағы  $B$ -есептің өзгеруін есепке алу коэффициенті, есептің күрделілігіне және өзгерістер санына байланысты коэффициент 1,2-ден 1,5-ке дейінгі аралықта таңдалады (4.2-кесте);

$K$ -бағдарламашының біліктілігін көрсететін коэффициент 4.4 - кестеден таңдалады.

#### 4.4 Кесте - Бағдарламашы біліктілігінің коэффициенттері

Жұмыс тәжірибесі	Біліктілік коэффициенті
2 жылға дейін	0,8

2-3 жыл	1
3-5 жыл	1,1 – 1,2
5-7 жыл	1,3 – 1,4
7 жылдан жоғары	1,5 – 1,6

Мысалы, бағдарламашының жұмысы тәжірибесі – 2-3 жыл болса,  $K = 1$  болады. Осыдан мынаны аламыз:

$$T_c = 3840 \times 1,5 / (50 \times 1) = 115,2 \text{ сағ.}$$

$T_a$  (алгоритмді әзірлеуге кететін уақыт) мына формула бойынша есептеледі:

$$T_a = Q / (50 \times K), \quad (4.3)$$

$$T_a = 5640 / (50 \times 1) = 76,8 \text{ сағат.}$$

$T_{bc}$  (блок – схеманы әзірлеуге кететін уақыт),  $T_a$  формуласына ұқсас есептелінеді (4.3):

$$T_{bc} = T_a = 76,8 \text{ сағат}$$

$T_j$  (бағдарламаны бағдарламалау тілінде жазу уақыты) келесі формула бойынша анықталады:

$$T_j = Q \times 1,5 / (50 \times K), \quad (4.4)$$

$$T_j = 3840 \times 1,5 / (50 \times 1) = 115,2 \text{ сағат.}$$

$T_n$  (бағдарламаға кіру уақыты) келесі формула бойынша анықталады:

$$T_n = Q / 50 \quad (4.5)$$

$$T_n = 3840 / 50 = 76,8 \text{ сағат.}$$

$T_b$  (бағдарламаны баптау уақыты) мына формула бойынша анықталады:

$$T_b = Q \times 4,2 / (50 \times K), \quad (4.6)$$

$$T_b = 3840 \times 4,2 / (50 \times 1) = 322,56 \text{ сағат.}$$

$T_k$  (құжаттарды ресімдеу уақыты) факт бойынша алынады және мынаны құрайды (3 күннен 5 күнге дейін 8 сағаттан):

$$T_k = 24 \text{ адам / сағ.}$$

Еңбектің жиынтық шығындары мынадай формула бойынша еңбектің құрамдас шығындарының сомасы ретінде есептеледі:

$$T = T_{cd} + T_c + T_a + T_{bc} + T_b + T_k, \quad (4.7)$$

$$T = 40 + 115,2 + 76,8 + 76,8 + 115,2 + 76,8 + 322,56 + 24 = 847,36 \text{ сағат} \approx 106 \text{ күн}$$

Демек, әртүрлік көрсеткіштерден тұратын модельді әзірлеудің жалпы уақыты 106 күнгесәйкес келеді.

### 4.3 Сілтілеу процесінің моделін әзірлеуге арналған шығындарды есептеу

Сілтілеу процесінің моделін жасауға арналған шығындар жалақы бойынша шығындарды, жалақыға, амортизацияға және өзге де шығындарға арналған есептеулерді қамтиды және мынадай формула бойынша айқындалады:

$$C = \text{ЕТҚ} + O_{\text{ЭС}} + O_{\text{МӘМС}} + O_{\text{ӘА}} + A + C_{\text{ЭЭ}} + C_{\text{ҮСТ}}, \quad (4.8)$$

мұндағы ЕТҚ – еңбекақы төлеу қоры;

$O_{\text{ЭС}}$  – әлеуметтік салық (01.01.2019 ж. бастап 9,5%);

$O_{\text{МӘМС}}$  - міндетті әлеуметтік медициналық сақтандыру бойынша аударымдар (01.01.2019 ж. бастап 1,5%);

$O_{\text{ӘА}}$  – әлеуметтік аударымдар (01.01.2019 ж. бастап 3,5%);

A – амортизациялық аударымдар;

$C_{\text{ЭЭ}}$  – электр энергия шығындары;

$C_{\text{ҮСТ}}$  – үстеме шығындар.

Жалақы екі құрамдас бөлікті қосу арқылы алынады: негізгі жалақы және қосымша жалақы. Жалпы жалақы (немесе еңбекақы төлеу қоры, ЕТҚ) негізгі және қосымша жалақы сомасы ретінде есептеледі:

$$\text{ЕТҚ} = Z_{\text{нег}} + Z_{\text{қос}}, \quad (4.9)$$

мұндағы  $Z_{\text{нег}}$  – негізгі жалақы, мың теңге;

$Z_{\text{қос}}$  – қосымша жалақы, мың теңге.

Негізгі жалақы мына формула бойынша есептеледі:

$$Z_{\text{нег}} = T \times \text{ОЖ} / (t_{\text{орт}} \times 8), \quad (4.10)$$

мұндағы T – (4.7) формуласы бойынша есептелетін жиынтық еңбек шығындары;

$t_{\text{орт}}$  - айдағы орташа күн саны. Ол 22 күнге тең. Жұмыс күніндегі сағат санына (8 сағ) көбейтіледі;

ОЖ - орташа жалақы.

01.01.2019 жылға ҚР бойынша орташа айлық жалақы 176 000 теңгені құраса, ал оның негізгі жалақы құны мынаны құрайды:

$$Z_{\text{нег.}} = 847,36 \times 176 \frac{000}{22 \times 8} = 847\,360 \text{ теңге.}$$

Қосымша жалақы негізгі жалақының 10%-н құрайды және төмендегі формула бойынша есептеледі:

$$Z_{\text{қос.}} = 0,1 \times Z_{\text{нег.}}, \quad (4.11)$$

$$Z_{\text{қос.}} = 0,1 \times 847\,360 = 84\,736 \text{ теңге.}$$

ЕТҚ = 847 360 + 84 736 = 932 096 теңге.

МЗЖ (міндетті зейнетақы жарнасы) ЕТҚ-дан 10% - ды құрайды:

$$\text{МЗЖ} = 932\,096 \times 10\% = 93\,209,6 \text{ теңге.}$$

Әлеуметтік аударымдар ЕТҚ-ның 3,5 %-н құрайды және мына формула бойынша есептеледі:

$$O_{\text{ӘА}} = (\text{ЕТҚ} - \text{МЗЖ}) \times 3,5\%, \quad (4.12)$$

$$\begin{aligned} O_{\text{ӘА}} &= (\text{ЕТҚ} - \text{МЗЖ}) \times 3,5\% = (932\,096 - 93\,209,6) \times 3,5\% \\ &= 838\,886,4 \times 3,5\% = 29\,361 \text{ теңге.} \end{aligned}$$

$$O_{\text{МӘМС}} = \text{ЕТҚ} \times 1,5\% = 932\,096 \times 1,5\% = 13\,981 \text{ теңге.}$$

Әлеуметтік салық ЕТҚ-дан 9,5%-ды құрайды және мына формула бойынша есептеледі:

$$O_{\text{ӘС}} = (\text{ЕТҚ} - \text{МЕЖ}) \times 9,5\%, \quad (4.13)$$

$$\begin{aligned} O_{\text{ӘС}} &= (\text{ЕТҚ} - \text{МЕЖ}) \times 9,5\% = (932\,096 - 93\,209,6) \times 9,5\% \\ &= 838\,886,4 \times 9,5\% = 79\,694 \text{ теңге.} \end{aligned}$$

Әлеуметтік салықты төлеу мынадай формула бойынша есептеледі:

$$\text{ӘС төлеу} = O_{\text{ӘС}} - O_{\text{ӘА}}, \quad (4.14)$$

$$\text{ӘС төлеу} = 79\,694 - 29\,361 = 50\,333 \text{ теңге.}$$

Мемлекеттік бюджетке жиынтық аударымдар әлеуметтік аударымдарды, міндетті әлеуметтік медициналық сақтандыруды, сондай-ақ әлеуметтік салықты төлеу сомасын құрайды:

$$O_{\text{ӘА}} + O_{\text{МӘМС}} + O_{\text{ӘС}} = 29\,361 + 13\,981 + 79\,694 = 123\,037 \text{ теңге.}$$

Амортизациялық аударымдар амортизацияның белгіленген нормалары бойынша жүргізіліп, жабдықтың баланстық құнына пайызбен көрсетіледі және мынадай формула бойынша есептеледі:

$$A = \frac{C_{\text{жабд}} \times N_a \times N}{100 \times 12 \times t} \quad (4.15)$$

мұндағы  $N_a$ —амортизация нормасы (25%);



$C_{\text{жабд}}$  – жабдықтың бастапқы құны ( $C_{\text{жабд}} = 70$  мың теңге);

$N$  – дербес компьютерді пайдалану уақыты;

$t$  – бір айдағы жұмыс күндерінің саны ( $t = 22$  күн).

$N=847,36/8 \approx 106$  күн.

Амортизациялық аударымдарды (4.15) формулаға сәйкес есептей отырып, нәтиже аламыз:

$A = 70000 \times 25 \times 106 / (100 \times 12 \times 22) = 7027$  теңге.

Электр энергиясына шығындар мына формула бойынша есептеледі:

$$C_{\text{ээ}} = K \times k_{\text{ж}} \times T \times C_{\text{кВт-сағ}}, \quad (4.16)$$

Мұндағы  $K$  – ЭЕМ қуаты (0,36 кВт);

$k_{\text{ж}}$  – жүктеу коэффициенті (0,8);

$C_{\text{кВт-сағ}}$  – 1 кВт-сағ электр энергиясының құны (15,53 теңге);

$T$  – компьютердің жұмыс уақыты, сағат.

Демек, электр энергиясына жұмсалатын шығындар:

$$C_{\text{ээ}} = 0,36 \times 0,8 \times 847,36 \times 15,53 = 3\,790 \text{ теңге.}$$

Жабдықтарды бақылау мен қызмет көрсетуге, күтіп ұстауға және пайдалануға, өндіріс пен жүгіну процестерін қамтамасыз етуге арналған басқа да шығындарға байланысты үстеме шығындар еңбекақы төлеу қорының 20% - ын құрайды және мынадай формула бойынша есептеледі:

$$C_{\text{уст.}} = 0,2 \times \text{ЕТҚ}, \quad (4.17)$$
$$C_{\text{уст.}} = 0,2 \times \text{ЕТҚ} = 0,2 \times 932\,096 = 186\,419 \text{ теңге.}$$

Сонда бағдарламалық өнімнің өзіндік құны (4.8) формула бойынша былай құралады:

$$C = \text{ЕТҚ} + O_{\text{ЭС}} + O_{\text{МЭМС}} + O_{\text{ЭА}} + A + C_{\text{ээ}} + C_{\text{уст.}}$$
$$C = 932\,096 + 29\,361 + 13\,981 + 79\,694 + 7\,027 + 3\,790 + 186\,419$$
$$= 1\,252\,369 \text{ теңге.}$$
$$C = 1\,252\,369 \text{ теңге.}$$

Сілтілеу процесінің моделінің өзіндік құнын есептеу нәтижелері шығындардың баптары, игерудің жалпы құнындағы сомасы мен олардың үлесі көрсетілген 3.5-кестеде ұсынылған. Сондай-ақ бағдарламалық қамтамасыз етудің өзіндік құны құрылымының диаграммасы жасалды.

Сілтілеу процесінің әзірленетін моделінің бағасы мынадай формула бойынша есептеледі:

$$C_{\text{к}} = C_{\text{б}} + K_{\text{ҚС}}, \quad (4.18)$$

мұндағы  $C_6$  – бастапқы баға.

Бастапқы баға әзірленетін жобаның рентабельділігі арқылы есептеледі. Бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеу саласы үшін рентабельділік 20% құрайды және келесі формуланы пайдаланамыз:

$$C_6 = C \times \left(1 + \frac{P}{100}\right), \quad (4.19)$$

мұндағы  $P$  – рентабельділік (20%).

#### 4.5 Кесте - Бағдарламалық өнімнің өзіндік құнының қорытынды кестесі

Шығын бабы	Шығындар, теңге
Еңбекақы төлеу қоры	932 096
Бюджетке аударымдар	123 037
Амортизациялық аударымдар	7 027
Электр энергия шығындары	3 790
Үстеме шығынтар	186 419
Барлығы	1 252 369



#### 4.1 Сурет - Бағдарламалық қамтамасыз етуді әзірлеуге жұмсалатын шығындардың құрылымы

Алынған мәндерді (4.19) формулаға қойсақ, бастапқы баға төмендегі формулаға сәйкес келеді:

$$C_6 = 1\,252\,369 \times \left(1 + \frac{20}{100}\right) = 1\,502\,843 \text{ теңге.}$$

Дайын өнімнің бағасы (4.18) формуласы бойынша есептеледі, мұнда ҚҚС – дайын өнімнің бастапқы бағасының 12%-ы.

(4.18) формуланы пайдалану арқылы ҚҚС есептейміз:

$$\text{ҚҚС} = 1\,502\,843 \times 0,12 = 180\,341 \text{ теңге.}$$

Демек, бағдарламалық өнімнің соңғы қорытынды бағасы құрайды:

$$C_k = 1\,502\,843 + 180\,341 = 1\,683\,184 \text{ теңге.}$$

#### 4.4 Модель негізіндегі автоматтандырылған жүйенің экономикалық тиімділігінің көрсеткіштерін есептеу

Жаңа ақпараттық жүйелерді әзірлеу және орнату инвесторлардың бекер жоғалтқысы келмейтін үлкен қаржылық шығындарды болжайды (негізгі капиталдан қаражатты қайтару шығын ретінде де қарастырылуы мүмкін, өйткені жоғалған ықтимал пайда болатындығына байланысты - мысалы, банктегі депозит, депозит т.б) [22].

Осының салдарынан жоғары инвестициялық тартымдылыққа ие жобалар да жоғары және оң экономикалық тиімділікке ие (осы жұмыста экономикалық тиімділікке ие, компанияның жұмысында да, сондай-ақ елеулі жоғары экономикалық көрсеткіштерде де ең жақсы түзетулер мен өзгерістерге әкеп соққан техникалық инновация болып табылады).

Экономикалық тиімділік бастапқы (базалық) кезеңді (инновацияны - бағдарламалық өнімді енгізгенге дейін) және ағымдағы қызметті салыстыру жолымен еңбек және құндық көрсеткіштермен анықталады [22].

Автоматтандырылған жүйені құру кезінде экономикалық бағалау күрделі салымдардың салыстырмалы экономикалық тиімділігінің көрсеткіштерін есептеуге негізделі отырып, экономикалық тиімділік көрсеткіштерін есептеу негізінде жүргізілуі мүмкін.

Бірнеше зерттеулер мен үлгіге әртүрлі эксперименттер жүргізілгеннен кейін уран өндіру кезіндегі тиімділік көрсеткіштерін арттыру үшін кіріс ерітіндісіне жұмсалатын шығын көлемін ұлғайту қажет деп айтуға болады.

Автоматтандырылған жүйенің экономикалық тиімділігінің негізгі көрсеткіштері:

- пайданың жылдық өсімі;
- жылдық экономикалық тиімділік;
- күрделі салымдардың экономикалық тиімділігінің есептік коэффициенті;
- шығындарды өтеу мерзімі.
- пайданың жылдық өсімі ( $\mathcal{E}_{\text{жыл}}$ ) келесі формула бойынша есептеледі:

$$\mathcal{E}_{\text{жыл}} = \frac{B^A - B^B}{B^B} \cdot П^B + (C^B - C^A) \cdot V^A, \quad (4.20)$$

мұндағы  $B^B$  және  $B^A$  - модель бойынша жаңа енгізілімдерді енгізгенге дейін және енгізгеннен кейін өнімнің жылдық шығарылымы, тг ( $B^A = B^B \cdot \gamma$ );

$\gamma$  - өндіріс көлемінің индексі;

$C^B$ ,  $C^A$  - модель бойынша жаңа енгізілімдерді енгізгенге дейін және енгізгеннен кейін сатылатын өнімнің теңгеге арналған шығындар, тг;

$\Pi^B$  - модель бойынша жаңа енгізілімдерді енгізгенге дейінгі өнімді сатудан түскен пайда, тг.

Пайданың жылдық өсімін есептеу:

$V^B=120200\ 000$  тг және  $V^A=132220000$  тг;

$\gamma -10\%$ ;

$C^B=7\ 540\ 000$  тг және  $C^A=8\ 294\ 000$  тг;

$\Pi^B-68\ 030\ 000$ тг.

$$\begin{aligned}\mathcal{E}_{\text{жыл}} &= \frac{130\ 220\ 000 - 120\ 200\ 000}{120\ 200\ 000} \cdot 68\ 030\ 000 + (7\ 540\ 000 - 8\ 294\ 000) \\ &= 7\ 557\ 000 \text{ тг}\end{aligned}$$

Жылдық экономикалық тиімділік ( $\mathcal{E}$ ) мынадай формула бойынша анықталады:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{жыл}} - E_H \cdot K^A, \quad (4.21)$$

мұндағы  $E_H$  - капиталдық салымдардың экономикалық тиімділігінің нормативтік коэффициенті (0,15);

$K^A$  - модель құруға арналған бір жолғы шығындарды мынадай формула бойынша айқындалады:

$$\mathcal{E} = 7\ 557\ 000 - 0,15 \cdot 1\ 683\ 184 = 7\ 304\ 522 \text{ тг}$$

( $E_p$ ) модель бойынша жаңа енгізілімдерді жасау үшін күрделі салымдар тиімділігінің есептік коэффициенті мынадай формула бойынша есептеледі:

$$E_p = \frac{\mathcal{E}_{\text{жыл}}}{K^A}, \quad (4.22)$$

$$E_p = \frac{7\ 557\ 000}{1\ 683\ 184} = 4,49$$

Егер  $E_p \geq E_H$  болса, онда модель бойынша осы жаңа енгізілімдерді енгізу тиімді болады.

Экономикалық тиімділіктің нақты коэффициенті нормативтік көрсеткіштерден көп болды  $4,49 > 0,15$ , , сондықтан әзірленетін модельді әзірлеу және енгізу тиімді болып табылады.

Шығындардың өтелу мерзімі ( $T$ ) мынадай формула бойынша анықталады:

$$T = 12 * \frac{K^A}{\mathcal{E}_{\text{жыл}}}, \quad (4.23)$$

$$T = 12 * \frac{1\ 683\ 184}{7\ 557\ 000} = 2,672 \text{ ай}$$

Өтелу мерзімі қанша уақыттан кейін модельдеу шығынын және модельдеу кезінде алынған өндірісті оңтайландыру әдістерін енгізу өтелуде екенін көрсетеді.

#### **4.5 Техникалық - экономикалық негіздеменің бөлімі бойынша қорытынды**

Уран өндіру кезінде әзірленген сілтілеу модельдері ҚазАтомӨнеркәсіп кәсіпорындарының ( кеніштерінің) құрамына 2020 жылы енгізілетін болады.

Сілтілеу процесін модельдеу арқылы жасалған осы өнімнің жиынтық шығындары 1 252 369 теңгені құрады. Жобаның ең көп құнын еңбекақы төлеу қорына шығындар, осы әзірлеу процесіне тартылған барлық шығындар сомасының 74% құрайды.

Сілтілеу моделінің толық құны 1 683 184 теңгені құрайды, оған осы модельді әзірлеу кезінде жасалған барлық шығындар кірді.

Есептерден алынған деректер бойынша қорытынды жасай отырып, уранды өндіру кезінде сілтілеу моделін әзірлеу мынадай жақсартуларды әкеледі::

- жабық ұңғымаларда уран өндіруді жақсарту;
- өнім көлемін жақсарту

Алынған және әзірленген сілтілеу моделіне негізделген әдістерді енгізу есебінен жұмыстың өнімділігі артады:

- өндірілген кеннің үлкен көлемі;
- жалпы пайда санының артуы.

## 5 Өмір тіршілігінің қауіпсіздігі

Қазіргі уақытта техникалық өндірісте көптеген техникалық құралдар, автоматтандыру жүйелері, басқару техникасы мен компьютерлік технологиялар қолданылады. Тиімді қызмет көптеген факторларды сипаттайды, негізгісі сапалы жұмысқа тәуелділік, сондай-ақ өндірістік жұмысқа қабілеттілік және олардың техникалық процестерінің апатсыз болуы болып табылады. Бұл дипломдық жобаның мақсаты-уранды өндіру кезінде сілтілеу үлгісін жасау және қысым немесе сілтілеу ерітіндісінің қысымын арттыру арқылы күресу қажет іріктелген аймақтарды модельдеу[23].

### 5.1 Кеңсе типті үй-жайдағы еңбек жағдайларын талдау

Бұл жүйенің жұмысы операторлық үй-жайда жүзеге асырылатын болады, яғни басқару объектісінде адамның тікелей қатысуы қажет емес. Операторлық үй-жай үшін көптеген әсер ететін факторларды ескеру қажет. Операторлық үй-жай нормалары бойынша қажетті талаптарды орындау еңбек жағдайын жақсартуға, қызметкерлердің шаршауын азайтуға, жұмыстың тиімділігін арттыруға, қызметкерлердің денсаулығын қорғауға және сақтауға көмектеседі. Персоналдың (компьютерлік операторлардың, инженерлік-техникалық қызметкерлердің) жұмысы ерекше назар аударуды және өзге де функцияларды талап етеді.

Операторға қолайлы және ыңғайлы жұмыс жағдайларын жасау керек, мысалы, жұмыс орны мен ішкі үй-жайының жағдайы жұмыс қабілеттілігін арттырады, денсаулықты және жалпы әл-ауқатты жақсартуға қамтамасыз етеді. Қызметкерлердің қауіпсіз қызметі үшін жұмыс кезінде жұмыс аймағының көлемін ескеру қажет және қозғалу үшін арнайы бос орындарды қосу маңызды болып табылады[24].

Жарықтандыру-еңбек жағдайларының маңызды өлшемі мен аспектісі. Еңбек өнімділігі жұмыс орнында дұрыс таңдалған жарықтандырудың арқасында ұлғаяды және персоналдың шаршауын төмендетеді. Жеткіліксіз және дұрыс емес ішкі жарық қызметкерлердің денсаулығына зиян келтіруі мүмкін.

Жұмыс аймағы (үй-жайының ауданы) кемінде  $6 \text{ м}^2$ , ал көлемі кемінде  $20 \text{ м}^3$  болуы тиіс. Операторлық үй-жайының көлемі -  $6\text{м} \times 7\text{м} \times 3\text{м}$ . Үй-жай қабырғаларының ішкі материалдары үшін ДК-де диффузиялық шағылыстырғыш материалдарды қолдану қажет, төбе үшін шағылысу коэффициенті: 0,7-0,8; қабырға үшін: 0,5-0,6; еден үшін: 0,3-0,5[24].

Жасанды жарықтандыру люминесцентті шамдарды пайдаланатын аралас жүйелер түрінде ұйымдастырылуы тиіс. Жұмыс орындарының үстіндегі шамдар төбенің барлық периметрі бойынша тікбұрышты формада біркелкі орналасуы тиіс.

Жасанды жарықтандыру кезінде аралас жарықтандыруды қолдану қажет,

жалпы жарықтандыру мөлшері бұл жағдайда кемінде 400 лк және кемінде 750 лк болуы тиіс.

Оператордың жұмысы орташа дәлдікпен сипатталады (компьютер дисплейіндегі айырмашылық объектісінің ең аз мөлшері 0,5-тен 1 мм-ге дейін), объектінің орташа контрастын ескере отырып және дисплейлер экранындағы таңбалардың орташа фондық контрастын ескере отырып, қараңғы фонмен сипатталады. Көру жұмыстарының сипаты-IV б. Сондықтан, ең төменгі жарықтану 400 лк - ге тең болуы тиіс[24].

Ауаны кондиционерлеу үй-жайдағы қызметкерлер үшін қалыпты микроклиматты барлық жұмыс уақыт ішінде қажетті шектерде ұстап тұру қажет, сондай-ақ ауаны шаңнан және зиянды бөлшектерден тазарту сақталуы тиіс. Сондай-ақ, жеке үй-жайларда ауаны баптауды жеке реттеу мүмкіндігін қарастыру қажет. Үй-жайдағы ауа температурасы қызметкерлердің оңтайлы жай-күйі үшін 19°C кем болмауы тиіс (5.1, 5.2 - кестелері).

### 5.1 Кесте - Микроклиматтың оңтайлы нормалары

Жыл мезгілі	Жұмыс санаты	Ауа температурасы, шек. С, артық емес	Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы, %	Ауа қозғалысының жылдамдығы, м / с
Суық	Жеңіл 1а	22-24	40-60	0,1
	Жеңіл 1б	23-21	40-60	0,1
Жылы	Жеңіл 1а	23-25	40-60	0,1
	Жеңіл 1б	22-24	40-60	0,2

5.2 Кесте - Бейнедисплей терминалдарында және дербес электрондық есептеу машиналарында жұмыс істеу кезіндегі ауаның иондану деңгейі

Деңгейлер	Ауаның 1 текше метріндегі иондардың саны	
Минимум қажетті	400	600
Оңтайлы	1500-3000	3000-5000
Максималды рұқсат етілген	50000	50000

Бұдан басқа, оператор келесі қауіптерге ұшырауы мүмкін:

1) Электр тоғымен зақымдану қаупі  $U=220$  В,  $f=50$  Гц; электр аспаптарын, атап айтқанда, компьютерді пайдалану кезінде;

2) Электр аспаптарының дұрыс қосылмағандығынан өрттің шығу қаупі.

Өртүрлі қолайсыз факторлардың әсер ету аймағында адамның ұзақ болуы кәсіби және созылмалы ауруларға әкелуі мүмкін. Сондай-ақ, қызметкерлер операторлық үй-жайларда тұрақты қауіптілік жағдайында жұмыс істейді.

## **5.2 Үй-жайлардың ішіндегі өрт қауіпсіздігін талдау**

Өрттің алдын алу - объектілерді өртке қарсы қорғауды қамтамасыз етуге бағытталған іс-шаралар. Осы іс-шаралар аясында келесі аспектілер шешіледі:

- өрт пен жануды алдын алу;
- туындаған өрттерді оқшаулау;
- адамдар мен материалдық құндылықтарды қорғау;
- өртті сөндіру.

### **5.2.1 Жалпы мәліметтер және өрт қауіпсіздігін талдау**

Өртті болдырмау оңай тұтанатын заттарды алып тастау, сондай-ақ ортаныжануға кедергі келтіретін жағдайларда ұстау арқылы қол жеткізіледі.

Дербес есептеуіш құрылғыларда электрондық схемаларды орналастыру тығыздығы жоғары. Сымдар, коммутациялық кабельдер, микросхемалар элементтері бір-біріне жақын орналасады. Жұмыс барысында жылу бөлінеді, ал температура 80-100 ° С аралығында ауытқуы мүмкін.

Өрттің пайда болуы келесі факторлармен сипатталады:

- оңай жанғыш заттардың болуы: қағаз, жиһаз және т. б.;
- жану катализаторы ретінде оттегінің болуы;
- электр сымдарының бұзылған оқшаулауы.

Өрттің шығу мүмкіндігін азайту үшін келесі шараларды орындау қажет:

- оңай жанғыш заттардың санын азайту;
- міндетті түрде өрт сөндіру құралдары (өрт сөндіргіштер, өрт сөндіру құралдары, құм);
- өрт дабылының болуы;
- жабдықтарды тек қана жарамды түрде пайдалану;
- темекіні тек белгіленген жерлерде ғана шегу;
- адамдардың эвакуациялау жолын еркін ұстауға тырысу;
- қауіпсіздік техникасы бойынша нұсқаулықты өткізу;
- өрт қауіпсіздігіне жауапты тұлғаны тағайындау[24].

### **5.2.2 Автоматты өрт сөндіру жүйесінің қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз етуді талдау**

ҚНЖЕ 2.04.09-84 және РТЖН-01-94 сәйкес өрт дамуының қауіптілік дәрежесі бойынша, жанғыш материалдардың функционалдық мақсаты мен өрт жүктемесінен ғимарат D санатының бірінші тобына жатады. Өрттің келесідей себептері болу мүмкін:

- жабдықтардың элементтерінің жануы;
- ақаулы сөндіргіштер немесе розеткалардың материалдарының жануы;
- жабдықты пайдалану режимін сақтамау, жұмысшылардың дұрыс жұмыс



істемеуі.

Өрт шыққан жағдайда тек үй-жай ғана емес, сонымен қатар қымбат тұратын аппаратуралар зардап шегуі мүмкін, адам құрбандарына әкелуі мүмкін. Сондықтан өртті ерте анықтау және оны жою бойынша шаралар қабылдау қажет. Өрт сөндіру көздері ЭЕМ электрондық схемалары, техникалық қызмет көрсету үшін қолданылатын аспаптар, электрмен қоректендіру құрылғылары, ауа баптағыштары болуы мүмкін, мұнда әртүрлі бұзылулар нәтижесінде қызған элементтер түзіледі және т. Б[25].

### 5.3 Өрт қауіпсіздігін есептеу

#### 5.3.1 Автоматты өрт сөндіру жүйесінің қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз етуді есептеу

Өрт қауіпсіздігі ережелерінің талаптарына сәйкес, бір м<sup>2</sup>-ге бір өрт сөндіргіш керек деп есепке ала отырып, үй-жайда КӨ-5 көмірқышқыл өрт сөндіргіштері бар. Басқару үй-жайының жалпы ауданы 126 м<sup>2</sup> құрайды, сондықтан үй-жайда 2 өрт сөндіргіш орнатылады. Өрт сөндіргіш зат ретінде құрама көмірқышқыл-хладон құрамы қолданылады[25].

Көлемді өрт сөндіру үшін құрамдастырылған көмірқышқыл-хладон құрамының  $m_d$  есептік салмағы мынадай формула бойынша анықталады:

$$m_d = k \cdot q_n \cdot V, \quad (5.1)$$

мұндағы  $k = 1,2$  - көмірқышқыл-хладон құрамының ескерілмейтін шығындарын өтеу коэффициенті;

$q_n = 0,04 \text{ кг} / \text{м}^3$  - көмірқышқыл-хладон құрамының нормативтік массалық концентрациясы;

$V$  - үй-жайдың көлемі.

5.3 Кесте - Көмірқышқыл-хладон құрамының ескерілмейтін шығындарын өтеу коэффициенті

Үй-жай	k коэффициентінің мәні
Есік және терезенің саңылаулары бар	1,13-1,25
Саңылаусыз терезе	1,07-1,15
Ескерту. Үлкен шамалар қорғалатын үй-жайдың төменгі бөлігінде саңылаулар басым орналасқан кезде қабылданады	

$$V = A \cdot B \cdot H, \quad (5.2)$$

мұндағы  $A = 7 \text{ м}$  - үй-жайдың ұзындығы;

$B = 6 \text{ м}$  - үй-жайдың ені;

$H = 3$  м – үй-жайдың биіктігі.

Онда

$$V = 7 \cdot 6 \cdot 3 = 126 \text{ м}^3.$$

Демек

$$m_d = 1,2 \cdot 0,04 \cdot 126 \approx 6 \text{ кг}.$$

$\xi$  баллондарының есептік саны сыйымдылық есебімен анықталады, 20 литрлік баллон 12 кг көмірқышқыл - хладонын құрайды.

Магистральдық құбырдың ішкі диаметрі  $d_i$ , мм, мынадай формула бойынша анықталады:

$$d_i = d_1 \cdot \sqrt{\xi}, \quad (5.3)$$

мұндағы  $d_1$  — баллонның сифон түтігінің диаметрі, мм;

$\xi$  — бір уақытта разрядталған цилиндрлер саны.

$$d = 12 \cdot \sqrt{2} = 17 \text{ мм}$$

$l_2$  магистральдық құбырдың эквивалентті ұзындығы мынадай формула бойынша анықталады:

$$l_2 = k_1 \cdot l, \quad (5.4)$$

мұндағы  $k_1 = 1,2$ - жергілікті шығындарды ескермейтін өтем үшін құбыр ұзындығының ұлғаю коэффициенті (5.4-кесте бойынша).

5.4 Кесте— Есепке алынбаған жергілікті шығындардың орнын толтыру үшін құбыр ұзындығының ұлғаю коэффициенті

Магистральдық құбыр жолының диаметрі, мм	$k_2$ коэффициентінің мәні
35-ке дейін	1,2
35-дан 50-ге дейін	1,1
50-ден	1,05

$l = 3$  м – жоба бойынша құбырдың ұзындығы, сонда:

$$l_2 = 1,2 \cdot 3 = 3,8 \text{ м}$$

Көмірқышқыл-хладон құрамының шығысы  $Q$ , кг/с, құбырдың эквивалентті ұзындығы мен диаметріне байланысты 1,4 кг/с тең [25].

Көмірқышқыл-хладон құрамын  $t$  сек берудің есептік уақыты мынадай формула бойынша анықталады:

$$t = \frac{m_d}{60Q} \quad (5.5)$$

мұндағы  $m_d$  — көмірқышқыл-хладон құрамының есептік салмағы, кг;  
 $Q$  — көмірқышқыл-хладон құрамының шығыны, кг/с.

$$t = \frac{6}{60 \cdot 1,4} = 0,071 \text{ сек}$$

Көмірқышқыл-хладон құрамының негізгі қорының салмағы  $m$ , кг, келесі формула бойынша анықталады:

$$m = 1,1m_d \left(1 + \frac{k_2}{k}\right), \quad (5.6)$$

мұндағы  $k_2$  — баллондар мен құбырлардағы көмірқышқыл-хладон құрамының қалдығын ескеретін коэффициент 3.5-кесте бойынша анықталады;  
 $k$  — 5.5 - кесте бойынша қабылданады[25].

### 5.5 Кесте - $k_2$ коэффициентінің мәні

Сифон түтігінің диаметрі, мм	Жоба бойынша құбырдың ұзындығы кезінде $k_2$ коэффициентінің мәні, м		
	100-ге дейін	101-ден 200 дейін	200-ден
10	0,2	0,23	0,25
12	0,2	0,25	0,28

$$k_2=0,2$$

$$m=1,1 \cdot 6 \cdot \left(1 + \frac{0,2}{1,2}\right)=7,7 \text{ кг.}$$

Алынған нәтижелер бойынша автоматты өрт сөндіру жүйесінің қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін  $7,7/2=3,85 \sim 4$  кг қоспасы бар сыйымдылығы 20 литр көмірқышқыл-хладон құрамының 2 баллоны қажет болады деп қорытынды жасауға болады. Газды өрт сөндірудің автоматты қондырғыларының ГОСТ 12.4.009-83 сәйкес автоматты іске қосуға арналған құрылғылары болады[25].

### 5.3.2 Эвакуацияның есептік уақытын есептеу

Өрт шыққан жағдайда адамдар эвакуациялық жоспарға сәйкес үй-жайдан эвакуацияланады 5.2 Сурет.



## 5.2 Сурет–Эвакуация жоспары

Үй-жайдың деректері:

–ғимарат: қоғамдық;

–отқа төзімділік дәрежесі: III;

–жұмыс үй-жайы: кабинет;

–ұзындығы: 7 м;

–ені: 6 м;

–биіктігі: 3 м;

–көлемі ( $V_n$ ): 126 м<sup>3</sup>;

–адамдар саны: N=6 адам;

–есіктің ені ( $\delta_{д.п.}$ ): жұмыс үй-жайынан: 1 м, ғимараттан: 2 м;

–дәліздер: жиынтық ұзындығы:  $L_k=40$  м, ені:  $\delta_k=2,5$  м;

–сатылар: жиынтық ұзындығы:  $L_d=26$  м, ені:  $\delta_d=1,5$  м.

$t_p$  эвакуациялаудың есептік уақыты жолдың жекелеген аймақтарында ағынның жалпы қозғалу уақыты болып табылады:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i, \quad (5.7)$$

мұндағы  $t_1$  – ең алыс жұмыс орнынан үй-жайдың есігіне дейінгі қозғалыс уақыты ( $L_n$ );

$t_2$  – есіктің енінен өту уақыты;

$t_3$  – дәліз бойынша үй-жайдың есігінен сатыға дейінгі қозғалыс уақыты;

$t_4$  – сатымен (баспалдақпен) түсу уақыты;

$t_5$  – ғимараттан шығатын есікке дейінгі уақыт;

$t_6$  – ғимараттан есіктің енінен өтетін уақыт.

Белгілі бір аумақтардағы адамдардың қозғалыс уақыты:

$$t_i = \frac{L_i}{v_i}, \quad (5.8)$$

мұндағы  $L_i$  – эвакуация аймағының ұзындығы;

$\vartheta_i$  – адам ағынының қозғалысының жылдамдығы.

Адам ағынының қозғалыс жылдамдығы ( $\vartheta_i$ ) адам ағынының тығыздығына байланысты ( $D_i$ ).

Адам ағынының тығыздығы ( $D_i$ ) келесі формула арқылы есептеледі:

$$D_i = \frac{N \cdot f}{L_i \cdot \delta_i} \quad (5.9)$$

мұндағы  $N$  – адам саны;

$f$  – адамның көлденең проекциясының орташа ауданы ( $f=0,1\text{ м}^2$ );

$\delta_i$  – эвакуациялық жолдың  $i$  аумағының ені.

Есік ойығынан өту уақыты:

$$t_{e.o.} = \frac{N}{\delta_{e.o.} \cdot q_{e.o.}} \quad (5.10)$$

мұндағы  $\delta_{e.o.}$  – есік ойығының ені;

$q_{e.o.}$  – есік ойығының ені 1 м өткізу қабілеті ( $q_{e.o.}=60 \frac{\text{адам}}{\text{м} \cdot \text{мин}}$ ).

$$D_1 = \frac{N \cdot f}{L_{\text{п}} \cdot \delta_1} = \frac{6 \cdot 0,1}{7 \cdot 7} = 0,01 \text{ адам},$$

$$D_{3,5} = \frac{N \cdot f}{L_{\text{к}} \cdot \delta_{\text{к}}} = \frac{6 \cdot 0,1}{40 \cdot 2,5} = 0,006 \text{ адам},$$

мұндағы  $D_{3,5}$  – барлық дәліздер бойынша адам ағынының жиынтық тығыздығы.

$$D_4 = \frac{N \cdot f}{L_{\text{л}} \cdot \delta_{\text{л}}} = \frac{6 \cdot 0,1}{26 \cdot 1,5} = 0,046 \text{ адам},$$

мұндағы  $D_4$  – саты (баспалдақ) бойынша адам ағынының жиынтық тығыздығы.

Әртүрлі аймақтарда адам ағынының қозғалыс уақыты:

$$t_1 = \frac{L_{\text{п}}}{\vartheta_1} = \frac{7}{100} = 0,07 \text{ мин},$$

$$t_2 = t_{\text{д.п.1}} = \frac{N}{\delta_{e.o.} \cdot q_{e.o.}} = \frac{6}{1 \cdot 60} = 0,1 \text{ мин},$$

$$t_{3,5} = \frac{L_{\text{к}}}{\vartheta_{3,5}} = \frac{40}{40} = 1 \text{ мин},$$

$$t_4 = \frac{L_{\text{л}}}{\vartheta_4} = \frac{26}{13} = 2 \text{ мин},$$

$$t_6 = t_{e.o.2} = \frac{N}{\delta_{e.o.2} \cdot q_{e.o.2}} = \frac{6}{2 \cdot 60} = 0,05 \text{ мин}.$$

Эвакуацияның есептік уақыты:

$$t_{\text{п}} = t_1 + t_2 + t_{3,5} + t_4 + t_6 = 0,07 + 0,1 + 1 + 2 + 0,05 = 3,22 \approx 3 \text{ мин}.$$

I, II, III дәрежелі отқа төзімді өнеркәсіптік кәсіпорындардың қоғамдық және қосалқы ғимараттарында адамдарды эвакуациялау үшін қызмет ететін

дәліздері бар және ең алыс үй – жайлардың есіктерінен сыртқа шығуға дейін немесе жақын маңдағы саты торына адамдарды эвакуациялау үшін қажетті уақыт 6 минутқа тең деп қабылданады. Есептерден көрініп тұрғандай, үй-жай өрт қауіпсіздігі талаптарына сәйкес келеді, өйткені эвакуацияның есептік уақыты ең аз рұқсат етілген уақыттан аз.

#### **5.4 Тіршілік қауіпсіздігі бөлімі бойынша қорытынды**

Бұл бөлімде үй-жай диспетчерлерінің еңбек жағдайларын талдау қарастырылды, өрт қауіпсіздігін талдау қарастырылды және өрт қауіпсіздігі есебі орындалды.

Инженер-программист-диспетчердің жұмыс орнының оңтайлы ұйымдастырылуын анықтайтын шарттарды сақтау барлық жұмыс күні ішінде жақсы жұмыс қабілеттілігін сақтауға мүмкіндік береді, сандық және сапалық жағынан да еңбек өнімділігін арттырады. Программист-диспетчер, бұл өз кезегінде бағдарламалық өнімді тез әзірлеуге және баптауға мүмкіндік береді.

Алынған нәтижеден автоматты өрт сөндіру жүйесінің қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін сыйымдылығы 20 литр, салмағы 4 кг көмірқышқыл-хладон құрамының 2 баллоны қажет етеді деген қорытынды жасауға болады. Эвакуацияның есептік уақыты 3 минутты құрады, ал бұл, өз кезегінде, талаптарға сәйкес келеді.

## ҚОРЫТЫНДЫ

Жұмыс барысында 2D-және 3D қойылымында сулы қабатта өтетін гидродинамикалық процестердің математикалық және сандық модельдері әзірленді.

ЖС әдісімен минералды өндіру кезінде геотехнологиялық өрісте өтетін процестерді сипаттайтын әзірленген модельдер минералдарды барынша алу үшін ұңғымалар жұмысының оңтайлы режимін таңдауға және кен орындарын пайдалану кезінде мониторинг пен болжау жүргізуге мүмкіндік берді.

Әзірленген үлгі негізінде айдау ұңғымаларындағы сілтілеу ерітінділері деңгейінің минералдарды шығару деңгейіне әсері зерттелді, кен денесіндегі қысымның оңтайлы ауытқуы және сілтілеу ерітіндісін ұңғыма бойынша таратуы анықталды, сондай-ақ ЖС процесін гидродинамикалық тәсілдермен қарқындалу бойынша зерттеу жүргізілді.

Орындалған жұмыстың нәтижелері бойынша келесі негізгі қорытындыларды жасауға болады:

- сілтілеу ерітінділерін оңтайлы үлестіру және тиімді алу әдісімен басқару жүйелерін синтездеу үшін үш деңгейлі басқару жүйесі әзірленді (параметрлік сәйкестендіру есебі);

- жерасты сілтілеу процесінің кен денесінің сүзгіш қасиеттерін бағалау әдістері әзірленді;

- сандық есептер сериясы жүргізілді. Әзірленген ЖС моделі процестің барлық негізгі заңдылықтарын сапалы ескереді және олардың динамикасын егжей-тегжейлі зерделеуге және түсінуге мүмкіндік береді. Іс жүзінде маңызды ортаның өткізгіштігі өрісінің және қаныққан ерітіндідегі уран концентрациясы өрісінің біртекті емес жағдайлары бөлшектелінді;

- басқару контурындағы объект моделімен автоматтандырылған басқару жүйесінің құрылымы әзірленді. Қосу схемалары, өнеркәсіптік сынақтарды жүргізуге бағдарламалық құралдар, ұсынылған сәйкестендіру алгоритмдері дайындалды;

- Comsol Multiphysics ортасында жерасты сілтілеудің сандық модельдері құрылды;

- геотехнологиялық өріс(алаң) деңгейінде жерасты сілтілеу процесінің тиімділігін арттыру үшін жұмыс режимдері (стационарлық және стационарлық емес) ұсынылды;

- жүйелердің алгоритмдік және бағдарламалық қамтамасыз етілуін түзету үшін сәйкестендіру және басқару алгоритмдерін өнеркәсіптік сынақтан алынған нәтижелер өңделді және талданды;

- жерасты сілтілеу процесін басқару және сәйкестендіру алгоритмдерін беру актісі алынды.

## ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Каракоцкая И.А. Математическая модель отработки месторождения способом скважинного подземного выщелачивания: дис. канд. физ. мат. наук: - Екатеринбург: Уральский государственный университет, 2006. – 143 с.
- 2 Носков М.Д., Добыча урана методов скважинного подземного выщелачивания, Северск: 2010. – 83 с.
- 3 Аликулов Ш.Ш. Совершенствование гидродинамического режима подземного выщелачивания урана с учетом кольматации руд: автореф. ... канд. тех. наук. – М., 2011. – 87 с.
- 4 Рогов Е.И., Язиков В.Г., Рогов А.Е. Гидродинамическая модель подземного выщелачивания урана // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – М., 2000. - №5. – С. 40 – 42.
- 5 Канцель А.А. Математическое моделирование динамики процесса подземного выщелачивания в неоднородном рудоносном слое: автореф. ... канд. физ. мат. наук. – М.: МГУ, 2010. – 26 с.
- 6 Совершенствование технологии подземного выщелачивания урана из слабопроницаемых руд // X Международная конференция «Новые идеи в науках о земле».-2005.-Т.2.-188с.
- 7 Абуов А.А. Разработка и исследование автоматизированных систем идентификации основных параметров процесса подземного выщелачивания: дис. – Алматы: АУЭС, 2015.
- 8 Подземное выщелачивание полиэлементных руд / под ред. Н.П.Лаверова. – М.: Изд. Академии горных наук, 1998. – 446 с.
- 9 Омирбекова Ж.Ж. Исследование и разработка систем управления с распределенными параметрами: дис. док.фил. (PhD). – А.: КазНТУ, 2014.
- 10 Оракбаев Е.Ж. Исследование и разработка эффективных систем управления процессом подземного выщелачивания: дис. док.фил. (PhD). – А.: КазНТУ, 2017.
- 11 <https://www.comsol.ru/introduction-to-comsol-multiphysics-webinar>
- 12 <http://www.cc.spbu.ru/-comsol-multiphysics>
- 13 Муханов Б. К., Омирбекова Ж. Ж., Оракбаев Е. Ж. Исследование и разработка системы оптимального управления процессом подземного выщелачивания // Вестник Национальной Академии Наук Республики Казахстан. – 2016. - №5. - С. 178-185.
- 14 Муханов Б.К., Омирбекова Ж.Ж., Туленбаева А.Е., Оракбаев Е.Ж. Исследование застойных зон при подземном выщелачивании в среде Comsol Multiphysics // Международная научно-практическая конференция «Математические методы и информационные технологии макроэкономического анализа и экономической политики» (к 80-летию академика А. Ашимова).- Алматы,2016. С.180-190.
- 15 <https://www.precision-machines.ru/viewtopic.php?t=260>
- 16 Муханов Б.К., Омирбекова Ж.Ж., Онбаев А.Б., Билялова Ж.Б., Наби Е.М. Об использовании датчика уровня в закачных скважинах подземного



выщелачивания // Инженерно-технический журнал «Вестник Автоматизации». – 2016. - №4(54). – С. 35-36.

17 Жерасты сілтілеу арқылы уран өндірудің басқару жүйесін Comsolбағдарламалық пакетінде зерттеу Сатпаевские чтения – 2020: «Автоматизация и роботизация» Искакова А.М, Хасенова Э.С

18 ГОСТ 21.404-85.Обозначения условных приборов и средств автоматизации

19 Жерасты сілтілеу арқылы уран өндірудің басқару жүйесін MatLab бағдарламалық пакетінде зерттеу Сатпаевские чтения – 2020: «Автоматизация и роботизация» Искакова А.М, Салаватқызы Махаббат

20 <http://elprivod.nmu.org.ua/files/mathapps/>

21 З.Д.Еркешева, Г.Ш. Боканова. Методические указания к выполнению экономической части дипломных работ для студентов специальности 5В070400 – Вычислительная техника и программное обеспечение. – АУЭС, 2013. – 40с.

22 КуатоваД. Экономика предприятия.–А.:«Экономика»,2011.–352 с.

23 А.А.Абикенова, Т.С. Санатова. Безопасность жизнедеятельности.

Методические указания к выполнению раздела «Пожарная профилактика» в выпускных работах для всех специальностей. Бакалавриат – Алматы: АИЭС, 2009. –38 с.

24 Папаев С. Т. Охрана труда. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. -400 с.

25 Приходько Н.В. Основы пожарной безопасности. Конспект лекций.- А.: «АУЭС»,2013. – 29 с.

5B070200-Автоматтандыру және басқару мамандығының студенттері  
Салаватқызы Махаббат және Хасенова Эльмираның

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБАСЫНА  
ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

**ТАҚЫРЫБЫ: Жерасты сілтілеу арқылы уран өндіруді басқару жүйесін Matlab және Comsol бағдарламалық пакетінде зерттеу**

Дипломдық жобада жерастылық сілтілеу арқылы уран өндірудің басқару жүйелері зерттелді. Технологиялық үрдістер мен уранның сілтілеу процесін толық автоматтандыру қарастырылған.

Кен орнын игерудің тиімділігі үшін жерастылық сілтілеу процестерін модельдеу жүргізілді. COMSOL Multiphysics модельдеу ортасында ұңғымалық әдістермен пайдалы компоненттерді өндіру процестерін болжау үшін математикалық модель құрылды. Алынған мәліметтерге талдау жасалды. Құрылған математикалық модельдер негізінде басқару жүйесінің мәселелері анықталды.


Жұмыста шығын өлшегіш қателігінің метрологиялық есептеулері жүргізілді. Сондай-ақ жерасты сілтілеу әдісімен уран өндіру моделін әзірлеуге арналған шығындардың есебі жүргізілді. Бұдан басқа, инженерлердің қауіпсіз жұмыс істеу үшін өрт қауіпсіздігі бойынша оңтайлы есептеулер жүргізілді.

Жалпы дипломдық жобаны “өте жақсы” деп бағалауға, ал студент Салаватқызы Махаббат және Хасенова Эльмираны 5B070200- Автоматтандыру және басқару мамандығы бойынша бакалавр академиялық дәрежесін беруге лайық деп тануға болады.

**Ғылыми жетекші**

Тех. ғылымдарының магистрі лектор

( лауазымы, ғыл. дәрежесі)



Искакова А.М

(қолы)

« 20 » 05 2020 ж.

## Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Салаватқызы М., Хасенова Э.

**Название:** Жерасты сілтілеу арқылы уран өндіруді басқару жүйесін Matlab және Comsol бағдарламалық пакетінде зерттеу

**Координатор:** Айгул Искакова

**Коэффициент подобия 1:** 2,9

**Коэффициент подобия 2:** 1,7

**Замена букв:** 15

**Интервалы:** 0

**Микропробелы:** 0

**Белые знаки:** 0

**После анализа Отчета подобия констатирую следующее:**

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование: Антиплагиатқа тексеру нәтижесінде: Ұқсастық Коэффициенті 1: 2,9 және Ұқсастық Коэффициенті 2: 1,7. Бұл дипломдық жұмыста автоматтандырылған жүйелерді басқару теориясының жалпы қабылданған терминдерінің пайдаланылуымен түсіндіріледі. Жұмыс өздігінен орындалған және плагиат элементтері жоқ. Осыған байланысты, жұмыс өздігінен орындалған деп танылады және қорғауға жіберіледі.

21.05.2020

Дата



*Подпись Научного руководителя*

**Протокол анализа Отчета подобия  
заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения**

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

**Автор:** Салаватқызы М., Хасенова Э.

**Название:** Жерасты сілтілеу арқылы уран өндіруді басқару жүйесін Matlab және Comsol бағдарламалық пакетінде зерттеу

**Координатор:** Айгул Исакова

**Коэффициент подобия 1:**2,9

**Коэффициент подобия 2:**1,7

**Замена букв:**15

**Интервалы:**0

**Микропробелы:**0

**Белые знаки:**0

**После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:**

Обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;


Обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;

Обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

**Обоснование:** Антиплагиатқа тексеру нәтижесінде: Ұқсастық Коэффициенті 1: 2,9 және Ұқсастық Коэффициенті 2: 1,7. Бұл дипломдық жұмыста автоматтандырылған жүйелерді басқару теориясының жалпы қабылданған терминдерінің пайдаланылуымен түсіндіріледі. Жұмыс өздігінен орындалған және плагиат элементтері жоқ. Осыған байланысты, жұмыс өздігінен орындалған деп танылады және қорғауға жіберіледі.

21.05.2020

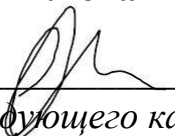
Дата

  
Подпись заведующего кафедрой /  
начальника структурного подразделения

**Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:** Дипломдық жұмыс қорғауға жіберіледі

21.05.2020

Дата

  
Подпись заведующего кафедрой /  
начальника структурного подразделения