МРНТИ 52.13.23 **https://doi.org/10.58805/kazutb.v.2.31-1520**

ЖЕРАСТЫ ТАУ-КЕН ҚАЗБАЛАРЫН ТИІМДІ БЕКІТУГЕ АРНАЛҒАН ЛАТЕКСТІ-МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ПОЛИМЕРЦЕМЕНТТІ ТОРКРЕТБЕТОННЫҢ ҰТЫМДЫ ҚҰРАМЫН КЕШЕНДІ ЗЕРТТЕУ

Т.М. Алменов, Р.К. Жанакова, Б.А. Сейтказынова✉, Д.М. Шабаз

Satbayev University, Тау-кен металлургиялық институты, Алматы, Қазақстан

✉ *Корреспондент-автор: seitkazynovva@gmail.com*

Зерттеу-жер асты тау-кен тіректерінің техникалық, эксплуатациялық және экологиялық-экономикалық көрсеткіштерін жақсартуға бағытталған жаңа полимермен модификацияланған торкретбетон технологиясын ұсынады. Кешенді материалтану-инженерлік шеңберге негізделген зерттеу қоспа құрамын, қолдану әдісін және өнімділік көрсеткіштерін зерттеу үшін физика-химиялық сипаттама, эксперименттік модельдеу, зертханалық және in situ дала сынақтары, сондай-ақ қатаң статистикалық талдау әдістерін пайдаланады. Эксперименттік нәтижелер латекспен модификацияланған және SKS-65 GP B дәрежесіндегі сулы эмульсияны қамтитын қоспаның дәстүрлі формулаларға қарағанда сығылу беріктігі 45 % жоғары және қайта шашылу жоғалтуы 30 % төмен екенін көрсетеді; сонымен қатар оның серпімділігі, тасқа жабысу қасиеті, сызатқа төзімділігі және су өткізбейтіндігі жақсарған. Қолдау параметрлерін оңтайландыру қаптама қалыңдығын беріктікке зиян келтірмей 50 %-ға азайтуға мүмкіндік берді, бұл өз кезегінде кеннің пайдалы көлденең қимасын 5 %-ға арттырып, жалпы тіреу шығындарын 39 %-ға төмендетті. Нәтижелер жоғары қысымды тау-кен орталарында торкретбетонмен бекіту үшін экологиялық тұрақты әрі үнемді шешімді ұсынады. Зерттеудің жаңалығы латекпен байытылған торкретбетон құрамдарын әзірлеу мен растау және қолдану әдістемесін жетілдіруде; оның нәтижелері реологиялық бақылау, ұзақ мерзімді беріктік және кең ауқымды өнеркәсіптік енгізу бойынша әрі қарай зерттеулерге жаңа бағыттар ашады.

Түйін сөздер: жер асты тау-кен қазбалары; торкретбетон; торкретбетон құрамы; бекітпе; бекіту технологиясы; тиімді құрам.

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА ЛАТЕКС-МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНОГО НАБРЫЗБЕТОНА ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО КРЕПЛЕНИЯ ПОДЗЕМНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Т.М. Алменов, Р.К. Жанакова, Б.А. Сейтказынова✉, Д.М. Шабаз

Satbayev University, Горно-металлургический институт, Алматы, Казахстан,
e-mail: seitkazynovva@gmail.com

В данном исследовании представлена новая технология применения полимермодифицированного торкретбетона, направленная на улучшение технических, эксплуатационных и социально-экономических показателей подземных горных выработок. Исследование, основанное на комплексном подходе в области материаловедения, посвящено изучению состава добавки, использует физико-химическую характеристику, экспериментальное моделирование, лабораторные и полевые испытания на месте, а также строгие методы статистического анализа для изучения состава смеси, метода нанесения и показателей эффективности. Результаты экспериментов показывают, что смесь, содержащая модифицированную латексом и водную эмульсию SKS-65 GP класса B, имеет прочность на сжатие на 45 % выше и потерю объема при осадке на 30 % ниже, чем традиционные составы; Кроме того, улучшены ее эластичность, адгезия к камню, устойчивость к царапинам и водонепроницаемость. Оптимизация параметров крепления позволила на 50 % уменьшить толщину слоя торкрет-бетона без ущерба для прочности, что, в свою очередь, увеличило извлекаемое сечение рудника на 5 % и сократило общие затраты на крепление на 39 %. Полученные результаты предлагают экологически устойчивое и экономически эффективное решение для армирования

торкрет-бетона в условиях горных работ под высоким давлением. Новизна исследования заключается в разработке и валидации торкрет-бетонных смесей, упрочненных латексом, а также в усовершенствовании методологии применения; Полученные результаты открывают новые возможности для дальнейших исследований в области реологического контроля, долгосрочной прочности и крупномасштабного промышленного внедрения.

Ключевые слова: подземные горные выработки; торкретбетон; состав торкретбетона; крепь; технология крепления; рациональные составы.

COMPREHENSIVE STUDY OF THE RATIONAL COMPOSITION OF LATEX-MODIFIED POLYMER-CEMENT SHOTCRETE FOR EFFECTIVE SUPPORT OF UNDERGROUND MINE WORKINGS

T.M. Almenov, R.K. Zhanakova, B.A. Seitkazynova✉, D.M. Shabaz

Satbayev University, Mining and Metallurgical Institute, Almaty, Kazakhstan
e-mail: seitkazynovva@gmail.com

This study presents a new polymer-modified shotcrete technology aimed at improving the technical, operational, and eco-economic performance of underground mine supports. The research, based on a comprehensive materials-engineering framework, examines the mixture composition, uses physicochemical characterization, experimental modeling, laboratory and in situ field tests, as well as rigorous statistical analysis methods to investigate the mixture composition, application method, and performance indicators. Experimental results show that the mixture containing latex-modified and SKS-65 GP B-grade water emulsion has a compressive strength 45% higher and a resettlement loss 30% lower than conventional formulas; Additionally, its elasticity, rock adhesion, scratch resistance, and waterproofing have been improved. Optimizing the support parameters enabled a 50% reduction in the shotcrete layer thickness without compromising strength, which in turn increased the mine' s recoverable cross-section by 5% and reduced overall support costs by 39%. The results offer an environmentally sustainable and cost-effective solution for shotcrete reinforcement in high-pressure mining environments. The novelty of the study lies in the development and validation of latex-fortified shotcrete mixes and the refinement of the application methodology; its results open new avenues for further research on rheological control, long-term strength, and large-scale industrial implementation.

Keywords: underground mine workings; shotcrete; shotcrete composition; support system; support technology; rational composition.

Кіріспе. Минералдық және шикізат ресурстарын тиімді игеру-ұлттық экономиканың тұрақты дамуын қамтамасыз етудің негізгі факторларының бірі. Осы тұрғыдан алғанда, тау-кен өнеркәсібіндегі өндіріс процестерінің қауіпсіздігін, технологиялық сенімділігін және экономикалық тиімділігін арттыруға бағытталған ғылыми-техникалық шешімдерді әзірлеу ерекше маңызға ие. Атап айтқанда, жер асты кен орындарын игеру тереңдігінің артуы, геологиялық жағдайлардың күрделенуі және жыныс массасының кернеу-деформациялық күйіндегі өзгерістер жер асты кен жұмыстарының тұрақтылығын қамтамасыз ету мәселесінің өзектілігін арттырады [1].

Осы жағдайда жер асты тау-кен қазбасын бекітпе жүйе сенімділігі өндіріс қауіпсіздігіне, қазбаның ұзақ мерзімді қызмет етуіне және өндіріс шығындарының жалпы деңгейіне тікелей әсер етеді. Сондықтан бекіту материалдарының физико-механикалық, технологиялық және эксплуатациялық қасиеттерін жақсарту қажет. Осындай материалдар ішінде торкретбетон ең тиімді әрі кеңінен қолданылатын практикалық шешімдердің бірі болып саналады, себебі ол технологиялық икемділігімен, күрделі беттерге қолдану мүмкіндігімен, жыныс бетімен тығыз жанасуымен және механикаландырылған қолдануға жарамдылығымен ерекшеленеді. Сонымен қатар, торкретбетонның өнеркәсіптік тиімділігі

оның құрамындағы компоненттердің қатынасына, қоспаның реологиялық қасиеттеріне, қолдану технологиясына және нақты тау-кен жағдайларына бейімделу дәрежесіне байланысты [2].

Жер асты қазбасының орнықтылығын бағалау және бекітпе параметрлерін негіздеу мәселелері тау-кен ғылымында ұзақ уақыт бойы зерттеліліп келе жатыр. Осы бағыттағы ірі зерттеулерде тау жыныстары массивінің физика-механикалық қасиеттері мен тау қысымының қалыптасу заңдылықтары және қазбалардың орнықтылығын бағалау әдістерін қарастырған. Соңыра осы ғылыми бағыт жыныс массивінің сапасын сандық тұрғыдан сипаттайтын әдістерімен толықтырылып, жерасты қазбалары үшін бекітпе параметрлерін таңдаудың есептік және тәжірибелік негіздері одан әрі дамытылады [3]. Осының нәтижесінде геомеханикалық жайттарды ескеру бекітпе жүйелерін жобалаудың міндетті элементіне айналды, ал заманауи зерттеулер тау-кен жағдайлары күрделенген сайын бекітпе материалдарына қойылатын талаптардың да күшейетінін білдіреді [4].

Сондай-ақ, соңғы жылдары жерасты қазбаларын бекітуге арналған ұтымды конструкциялық және материалдық шешімдерді іздеуге бағытталған қолданбалы зерттеулер белсенді жүргізіліп жатыр. Осы еңбектер негізінде бекітпе түрін геомеханикалық жағдайлармен өзара байланыста қарастыру керектігі ұсынылған [5]. Сонымен қатар бетон және торкретбетон жүйелерінің құрамдық шешімдерін жетілдіруге арналған зерттеулерде олардың беріктік сипаттамаларын, технологиялық қасиеттерін және пайдалану тиімділігін арттыру мәселелері қамтылған. Осындай зерттеулердің нәтижелері торкретбетонның қасиеттері оның бастапқы құрамына ғана емес, сонымен қатар енгізілетін модификациялаушы компоненттердің сипатына да тәуелді екенін көрсетеді [6].

Сол санаттан алған кезде полимерлік және қоспалық модификаторларды қолдану ерекше көзге түседі, өйткені олар торкретбетонның құрылымын тығыздауға, адгезиялық қасиеттерін жақсартуға, жарықшаққа төзімділігін арттыруға және суға төзімділігін күшейтуге мүмкіндік тудырады [7]. Сондай-ақ синтетикалық латекстердің қасиеттері мен оларға қойылатын техникалық талаптар нормативтік құжаттарда белгіленген, алайда мұндай компоненттердің жерасты тау-кен қазбаларын бекіту жағдайындағы тиімділігі, әсіресе олардың мөлшерін ұтымды таңдау және кешенді бағалау мәселелері жеткілікті дәрежеде жүйеленбей отыр. Осындай жағдай полимерцементті модификацияланған торкретбетонның рационалды құрамын анықтауға бағытталған арнайы зерттеулердің қажет екенін айқындайды [8].

Осы бағыттағы ғылыми жарияланымдарды талдау жерасты қазбаларын бекіту, геомеханикалық жағдайларды бағалау және торкретбетон құрамдарын жетілдіру бағыттарында елеулі нәтижелер алынғанын байқатады [9].

Сондай-ақ, торкретбетонның құрылымдық ерекшеліктерін, механикалық қасиеттерін және жағу технологиясының тиімділігін бағалауға арналған еңбектер де жетеді. Осыған қарамастан, латекспен модификацияланған полимерцементті торкретбетонның үш компонентті құрамын жерасты тау-кен қазбаларын бекіту талаптарымен тікелей байланыстыра отырып, кешенді негіздеу мәселесі жеткілікті деңгейде шешілген жоқ [10].

Құрам тиімділігін сығылуға беріктік, адгезиялық қабілет, жарықшаққа төзімділік, су өткізбейтіндік, жағу кезіндегі материал шығыны және өндірістік-экономикалық тиімділік көрсеткіштерінің жиынтығы бойынша біртұтас бағалау қажеттілігі сақталған. Бұл ғылыми олқылық зерттеу тақырыбын таңдаудың негізін құрайды және оның теориялық әрі практикалық өзектілігі қарастырылады.

Осы себептен де зерттеудің мақсаты-жерасты тау-кен қазбаларын бекітуге арналған латекспен модификацияланған полимерцементті торкретбетонның рационалды үш компонентті құрамын ғылыми негіздеу. Осы мақсатқа жету үшін жерасты тау-кен қазбаларын бекітуге қойылатын геомеханикалық, технологиялық және пайдалану талаптарын талдау, торкретбетон құрамының негізгі компоненттерінің қасиеттерін зерттеу, әртүрлі құрамдардың физика-механикалық және

технологиялық көрсеткіштерін салыстырмалы бағалау, рационалды үш компонентті құрамды анықтау және әзірленген құрамның зертханалық әрі өндірістік жағдайдағы тиімділігін бағалау міндеттері саналады.

Зерттеудің объектісі-жер асты тау-кен қазбаларын бекіту жұмыстары. Зерттеу жұмысы - латекспен модификацияланған полимерцементті торкретбетонның үш компонентті құрамының қасиеттері және оны жерасты тау-кен қазбаларын бекітуде қолданудың тиімділігі болып табылады.

Бұл зерттеуде физика-химиялық талдау, салыстырмалы талдау, зертханалық эксперимент, беріктік және адгезиялық қасиеттерді сынау, өндірістік апробация және алынған нәтижелерді статистикалық өңдеу әдістері пайдаланылды. Осындай әдіс тұрғысынан жұмыс эксперименттік-аналитикалық тәсілге негізделеді, бұл құрам параметрлері мен материал қасиеттері арасындағы өзара байланысты анықтауға, сондай-ақ олардың өндірістік қолданылу тиімділігіне әсерін бағалауға мүмкіндік тудырады.

Зерттеудің гипотезасы торкретбетон құрамына латекспен модификацияланған полимерцементті компонентті ғылыми негізделген арақатынаста енгізу оның физика-механикалық және технологиялық қасиеттерін жақсартып, соның нәтижесінде жерасты тау-кен қазбаларын бекітудің сенімділігі мен тиімділігін арттырады деген тұжырымға негізделінеді.

Бұл зеерттеудің теориялық маңыздылығы латекспен модификацияланған полимерцементті торкретбетон жүйелерінің қасиеттерінің қалыптасу заңдылықтарын нақтылаумен анықталынған. Практикалық маңыздылығы дайындалған рационалдық құрамды қолдану арқылы жерасты қазбаларының орнықтылығын арттыруға, материал шығынын төмендетуге, бекітпе жұмыстарының еңбек және ресурс сыйымдылығын азайтуға, сондай-ақ өндірістік шығындарды қысқартуға мүмкіндік береді.

Материалдар мен тәсілдер. Зерттеуде жер асты тау-кен қазбаларын бекіту үшін латекспен модификацияланған полимерцементті торкретбетонның рационалды құрамын анықтауға бағытталған. Зерттеудің гипотезасына қарай синтетикалық латексті цемент массасына қатысты оңтайлы мөлшерде енгізу торкретбетонның беріктігін, адгезиялық және технологиялық қасиеттерін жақсы етеді.

Зерттеудің материалы ретінде көпкомпонентті торкретбетон қоспасы қарастырылды. Қоспаның құрамына портландцемент, құрылыс құмы, қиыршықтас, су және «Б» маркалы СКС-65 ГП синтетикалық латексті енгізді. Латекстің мөлшері цементтің массасына шаққанда 2%, 4%, 6%, 8% және 10% дейін өзгертіледі.

Бұл зерттеу бірнеше өзара байланыс кезінде жүргізілді. Бірінші торкретбетонға қойылатын технологиялық және пайдалану талаптары анықталды. Содан соң, латекс мөлшері әр түрлі құрамдарды дайындап, оның қасиеттері зертханалық жағдайда сұрыпталды. Осыдан соң, зертханалық нәтижелері өндірістік жағдайда тексерістен өтті. Қорытындыда алынған информациялар салыстырмалы және статистикалық өңдеуден өткізіліп, рационалды құрамды анықтады. Сондай-ақ зерттеу кезеңдерінің реттілігі 1-суретте көрсетілді.

Осы зертханалық жұмыстар барысында құрамдардың сығылуға беріктігі, адгезиясы, су өткізбейтіндігі және технологиялылығы анықталды. Алынған нәтижелерді салыстыру латекс мөлшерінің торкретбетон қасиеттеріне әсерін анықтауға мүмкіндік тудырды.

Жалпы, бұл өндірістік тексеру Қазақстан Республикасындағы «Жолбарысты» кенорнының №4 штольнясында жүргізілінді. Қазба жату тереңдігі 230 м. Геологиялы орта гранодиориттер мен ороговикті құмтастан тұрады. Таужыныстарының сығылуға беріктігі 82–128 МПа, көлемдік тығыздығы 2,7 т/м³. Бүрікпебетон қоспасын жағу үшін БМ-60 торкрет-машинасы, ал үлгілерді алу үшін УАД-3 қондырғысы қолданылды. Бүрікпебетон қабаты орнатылғаннан кейін керндер 28 күнде, қазбаның бойымен әрбір 5 м сайын алынып отырды. Үлгілер өлшемі 100×100 мм. Тәжірибе жүргізу кезінде қазбадағы ауаның температурасы +16…+20 °С, ал салыстырмалы ылғалдылығы 60–70% аралығында болды.



1-сурет. Латекс модификацияланған полимерцементті торкретбетонның рационалды құрамын негіздеу бойынша зерттеу кезеңдерінің реттілігі

Зертханалық және өндірістік нәтижелерді салыстыру керннің үлгілері мен зертханалық үлгілердің беріктік көрсеткіштерінің өзара жақын екенін айқындады. Ол зертханалық модельдеудің өндірістік жағдайға сәйкес екенін көрсетеді. Жұмыс нәтижесі жерасты тау-кен қазбаларын бекіту үшін торкретбетонның рационалды құрамын анықтады.

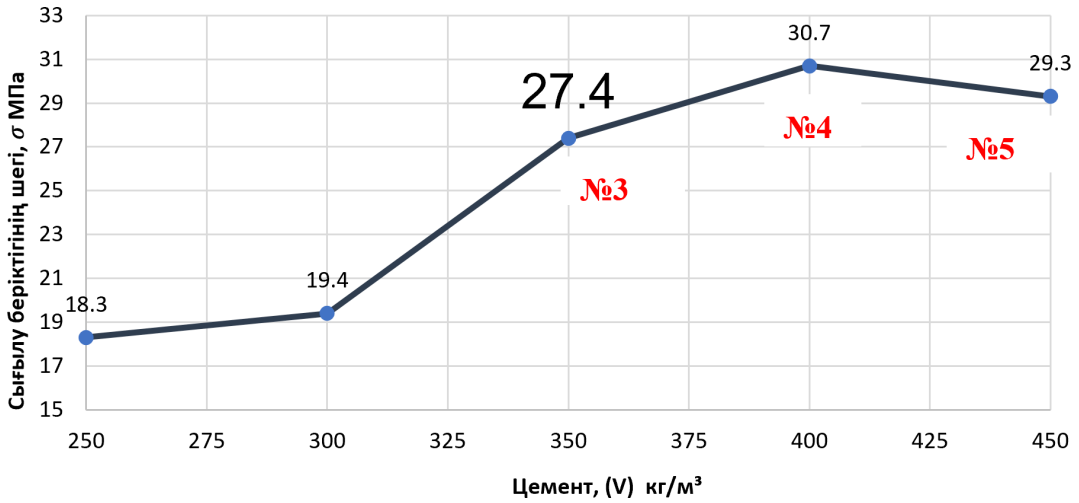
Нәтижелер және талқылау. Үшкомпонентті торкретбетон құрамдарын жетілдіру мақсатында цементтің массасына шаққанда 2-10% аралығында «Б» маркалы СКС-65 ГП синтетикалық латексі енгізілген. Латекс қоспасының енгізілуі материалдың сығылуға беріктігін, адгезиялық қасиеттерін, су өткізбейтіндігін және технологиялық орнықтылығын арттыру құралы ретінде қарастырылды. Зерттеулер цемент шығыны 400 кг/м³ және су-цемент қатынасы 0,48 болған жағдайда жүргізілді, өйткені осы параметрлер үш компонентті жүйе үшін беріктік пен материалдық шығынның ұтымды арақатынасын қамтамасыз етті.

Латекстің мөлшері үшкомпонентті торкретбетонның сығылуға беріктігіне әсері 1-кестеде келтірілді.1-ші кестедегі деректерге сай 28 тәуліктегі сығылуға беріктігі 2% латекс кезінде 32,7 МПа, 4% кезде 44,6 МПа, 6% кезде 44,8 МПа, 8% кезде 44,9 МПа және 10% кезінде 45,1 МПа болады.

1-кесте. Үшкомпонентті полимерцементті латексті торкретбетонның беріктік сипаттамасы

Сынақ нөмірі	Торкретбетон құрамдары	Су-цемент қатынасы	Цемент массасындағы латекс қоспасы-ның мөлшері,%	1 м³ бүрікпебетон қоспасына жұмсалған цемент мөлшері, кг	Қиыршық тасының салыстырмалы мөлшері,%	Беріктік шегі, МПа, (тәуліктер)			
						1	3	7	28
1	1:1,4:1,5	0,48	2	400	34	4,2	8,4	24,1	32,7
2	1:1,4:1,5	0,48	4	400	33,9	5,1	10,9	31,4	44,6
3	1:1,4:1,5	0,48	6	400	33,7	5,3	11,1	31,6	44,8
4	1:1,4:1,5	0,48	8	400	33,6	5,5	11,3	31,7	44,9
5	1:1,4:1,5	0,48	10	400	33,4	5,6	11,4	31,8	45,1

Беріктік көрсеткіштерінің өзгеру динамикасы 2-суретте көрсетілген. 2-суреттен латекс мөлшерін 2%-дан 4%-ға дейін арттыру кезінде беріктіктің ең қарқынды өсімі байқалатыны көрінеді. Ал латекс мөлшерін 4%-дан жоғары арттырғанда көрсеткіштердің тұрақтануы орын алады. Мысалға, 4% және 10% латекс енгізілген құрамдарды салыстырған кезде беріктік өсімі тек 1,12% құрады. Бұл латекстің 4%-ға дейінгі дозасы цементтік матрицаның құрылымын тиімді жақсартатынын, ал одан әрі арттыру айтарлықтай қосымша әсер бермейтінін көрсетеді.



2-сурет. Үшкомпонентті торкретбетонның беріктіктің цемент мөлшеріне тәуелділігі

Анықталған мәндер латексті модификациялау үш омпонентті торкретбетонның физика-механикалық қасиеттерін жақсартатынын көрсетеді. Бірақ та, беріктіктің артуы латекс мөлшеріне шексіз тәуелді болмайды. Сол себептен де, рационалды дозаны анықтау кезінде, механикалық көрсеткіштермен қатар экономикалық тиімділік те ескеріледі.

Үш компонентті полимерцементті латексті бүрікпебетон құрамдарының салыстырмалы экономикалық көрсеткіштері 2-кестеде берілген.2-кестенің мәліметтері бойынша латекс мөлшері артқан сайын 1 м³ қоспаның құны да өседі: 2% латекс кезінде 57,8 USD/м³, 4% кезінде 65,2 USD/м³, 6% кезінде 75,1 USD/м³, 8% кезінде 81,7 USD/м³ және 10% кезінде 89,2 USD/м³.

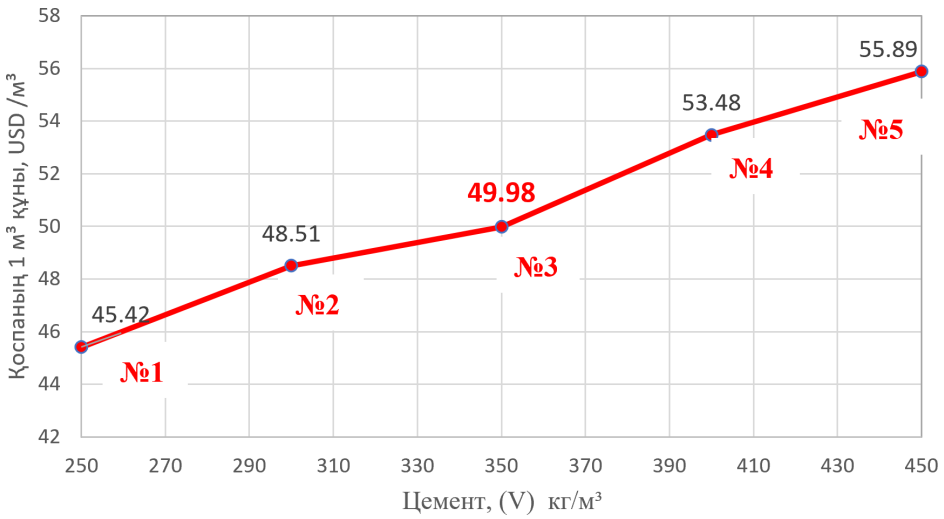
Бағаның өзгеру динамикасы 3-ші суретте

көрсетілді.3-ші суреттен латекс үлесінің артуы - қоспаның өзіндік құнының сызықты түрде өсетіндігі байқалды. Сонымен қатар, беріктік өсімі мен құн өсімі өзара пропорционалды емес. Яғни, 4%-дан кейін латекс мөлшерін көбейту беріктікке мардымсыз әсер етеді, бірақ қоспа құнының едәуір өсуіне әкеледі.

2-кесте. Үш компонентті полимерцементті латексті бүрікпебетонның салыстырмалы экономикалық көрсеткіштері

№	Бетон қоспасының құрамы	Цемент, кг	Құм, кг	Қиыршық тас, кг	Латекс, л	Су, л	Сығуға беріктік шегі, МПа	Құны, тг (USD) ($1м^3$ бетон қоспасы)
1	1:1,4:1,5:0,48:0,02	400	512	479,3	4,5	109	32,7	57,8
2	1:1,4:1,5:0,48:0,04	400	509	476	9	108	44,6	65,2
3	1:1,4:1,5:0,48:0,06	400	508	475	13,5	108,1	44,8	75,1
4	1:1,4:1,5:0,48:0,08	400	506,1	474	17,9	107,6	44,9	81,7
5	1:1,4:1,5:0,48:0,10	400	499	469	22,5	105,6	45,1	89,2

Ескерту: *Материалдардың бағалары: Цемент М400 = 35000 тг/т (70 USD/ton); цементтің үйінді тығыздығы – 1500 кг/м³; Құм-5000 тг/т (10 USD/ton); құмның тығыздығы – 1600 кг/м³; Қиыршық тас – 6000 тг/т (12 USD/ton), қиыршық тастың тығыздығы-1400 кг/м³; Латекс эмульсиясы-800 тг/л (1,6 USD/liter); латекс эмульсиясының орташа тығыздығы-1000 кг/м³; Су-45 тг/м³ (0,10 USD/м³); судың тығыздығы-1000 кг/м³. Материалдар бағасы 2025 жыл 10-шы ақпан жағдайыда есептелді.*

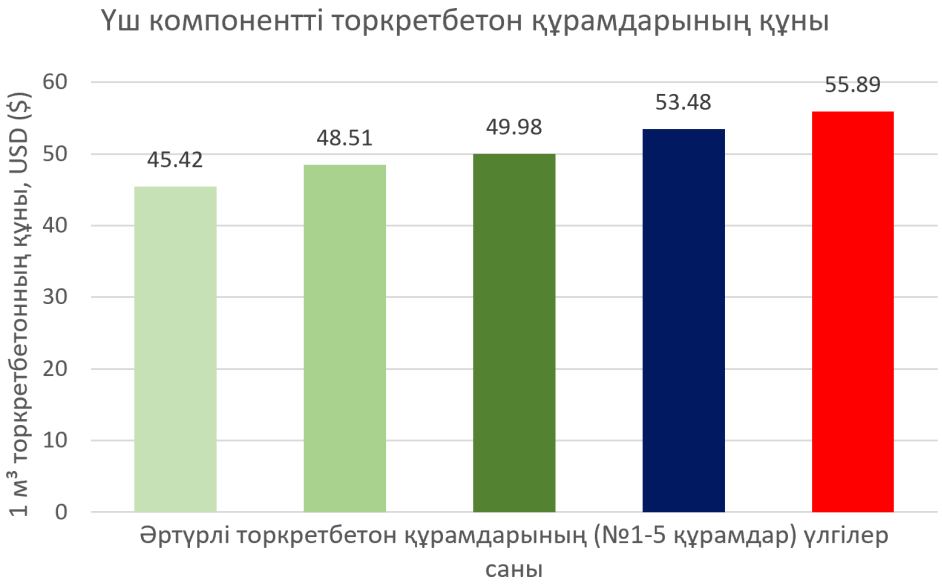


3-сурет. Үш компонентті торкретбетонның 1 м³ құнының қоспа құрамындағы цемент мөлшеріне тәуелділік графигі

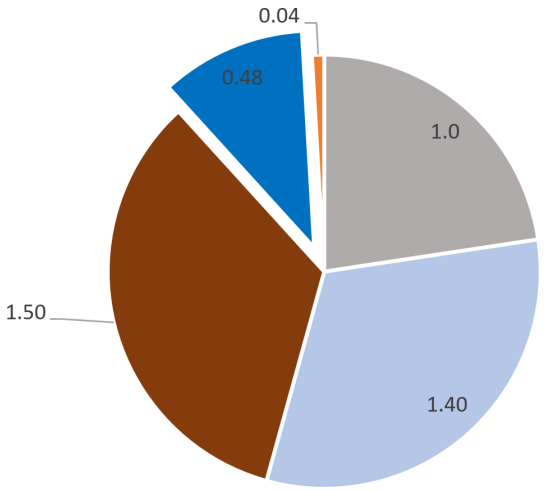
Беріктік пен құн көрсеткіштерінің арақатынасын бағалау нәтижелері 4-суретте келтірілген.4-ші суретке сай, ең үлкен тиімділік цемент массасының 4% - ы шамасында латекс енгізілген құрамда көрінеді. Осы жағдайда беріктік құн көрсеткіші ең үлкен мәнге көтеріледі. Сон-

дықтан, үш компонентті полимерцементті латексті бүрікпебетон үшін рационалды құрам ретінде Цемент:Құм:Қиыршық тас:Су:Латекс = 1:1,4:1,5:0,48:0,04 қатынасы қабылданды.

Рационалды құрамның сызбалық көрінісі 5-ші суретте көрсетілген.5-ші суретте көрсетілген құрам зертханалық беріктік нәтижелері мен экономикалық бағалаудың жиынтық талдауы негізінде анықталынды.



4-сурет. Үш компонентті бүрікпебетон құрамдарын экономикалық тиімділік көрсеткіші бойынша салыстыру гистограммасы

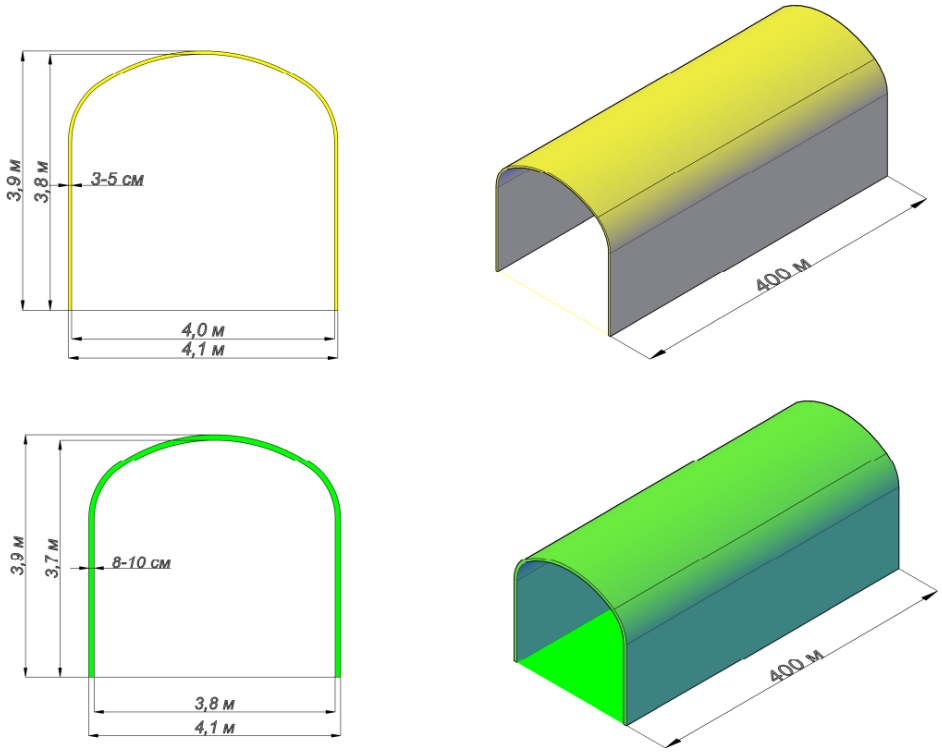


5-сурет. Жүргізілген зерттеулердің нәтижесі бойынша анықталған үш компонентті полимерцементті латексті бүрікпебетонның рационалды құрамы

Анықталған жаңа құрамның өндірістік тиімділігі «Жолбарысты» кенорнының №4 штольнясында сыналды. Осы құрамдағы торкретбетонды пайдалану сұлбасы 6-шы суретте берілген, ал салыстырмалы техника-экономикалық көрсеткіштері 3-ші кестеде көрсетілген. Жүргізілген зерттеулер жаңа құрамдағы, беріктігі жоғары полимерцементті торкретбетонды қолдану қаптама қалыңдығын 4-5 см-ге дейін азайта отырып, бекітпенің талап етілетін беріктігі

мен сенімділігін толық қамтамасыз ететінін көрсетті. Дәстүрлі торкретбетон мен жаңа полимерцементті құрамды қолданудың салыстырмалы технико-экономикалық тиімділігін талдау келесі тұжырымдарды анықтауға ықпал етті:

Берілген 3-ші кестенің деректеріне сай жаңа құрам бекітпе қабатының қалыңдығын 8 см-ден 4 см-ге (неге негізделіп қабылданды) дейін азайтуға мүмкіндік береді. Шыққан нәтижесі бойынша қазбаның жарықтағы көлденең қимасының ауданы 13,8 м²-ден 14,4 м²-ге дейін өседі, ал торкретбетон қоспасының жалпы шығыны 552 м³-тен 276 м³-ке дейін азаяды. Бұл дегеніміз, материалдар шығынының 50%-ға дейін төмендегенін аңғартады.



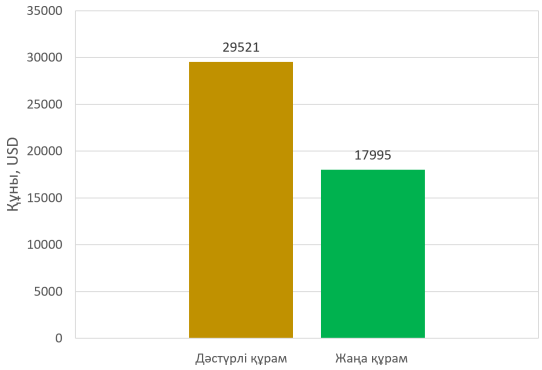
6-сурет. Дәстүрлі құрам мен жаңа құрамдағы полимерцементті латексті бүрікпебетон бекіту сұлбасы

3-кесте. Үш компонентті полимерцементті латексті бүрікпебетонның салыстырмалы экономикалық көрсеткіштері

№	**Көрсеткіштер**	**Тау-кен қазбасының бекітпесін дәстүрлі құрамдағы бүрікпебетонмен тұрғызу кезінде**	**Тау-кен қазбасының бекітпесін жаңа полимерцементті құрамдағы бүрікпебетонмен тұрғызу кезінде**
1	Қазбаның өту кезіндегі көлденең қимасының ауданы (алдын ала), (жобалық қима), м²	15	15
2	Қазбаның ұзындығы, м	400	400

3	Бүрікпебетон қабатының қалыңдығы (бекітпенің орташа қалыңдығы), см	8	4
4	Қазбаның жарықтағы (бекітілгеннен кейінгі) көлденең қимасының ауданы, м²	13,8	14,4
5	15% шығынды (материалдың қайтуын) ескере отырып бүрікпебетон қоспасының шығыны, м³	552	276
6	Бүрікпебетон қоспасының 1 м³ құны, USD ($)	53,48	65,2
7	400 м тау-кен қазбасын бекітуге жалпы шығын, USD ($)	29 521	17 995

Дәстүрлі және жаңа құрамдардың салыстырмалы техника-экономикалық талдау нәтижелері 7-ші суретте көрсетілген.7-ші суретке байланысты жаңа құрамның 1 м³ құны дәстүрлі құрамнан қарағанда жоғары болғанымен, жалпы шығынның біршама азаятынын байқаймыз. Ол қаптама қалыңдығының төмендеуі, материал шығынының қысқаруы және қолдану технологиясының тиімділігімен байланысты.400 м ұзындықтағы тау-кен қазбасын бекіту үшін жұмсалатын жалпы шығын дәстүрлі құрам кезінде 29 521 USD болса, жаңа полимерцементті латексті құрамды қолданған кезде 17 995 USD болды. Жалпылама үнемдеу 11 526 USD немесе шамамен 39% құрайды.



7-сурет. Бекіту құны бойынша салыстырмалы техника-экономикалық талдау нәтижелері

Осылайша, 1-кесте мен 1-сурет латекс мөлшерінің үш компонентті бүрікпебетонның берік-тік көрсеткіштеріне әсерін сипаттайды, 2-кесте, 2-сурет және 3-сурет рационалды дозаны экономикалық тұрғыдан негіздейді, ал 3-кесте, 5-сурет және 6-сурет жаңа құрамның өндірістік және техника-экономикалық артықшылықтарын дәлелдейді. Жиынтық талдау нәтижесінде цемент массасының 4% мөлшеріндегі латекс үш компонентті полимерцементті бүрікпебетон

үшін рационалды доза ретінде қабылданды. Бұл құрам жерасты тау-кен қазбаларын бекіту кезінде беріктік, адгезия, материал шығыны және құн көрсеткіштерінің ұтымды үйлесімін қамтамасыз етеді.

Қорытынды. Жер асты тау-кен қазбаларын бекіту үшін арнайы латекспен модификацияланған полимерцементті торкретбетонның ұтымды үш компонентті құрамын негіздеу үшін зертханалық сынақтарды, салыстырмалы талдауды, экономикалық бағалауды және өндірістік тексеруді қамтитын кешенді тәсіл пайдаланылды. Жасалынған бағалау қорытындылары СКС-65 ГП синтетикалық латексін енгізу материалдың беріктік мен технологиялық көрсеткіштерін жақсартуға мүмкіндік беретінін көрсетеді.

Латекс шамасының өзгеруі қоспаның көрсеткіштеріне тікелей әсер етеді. Анықтап кетсек, цемент массасына шаққанда латекс мөлшерін 2%-дан 4%-ға дейін арттыру 28 тәуліктегі сығылуға беріктіктің 32,7 МПа-дан 44,6 МПа-ға дейін өсуін қамтамасыз етеді. Сондай-ақ, латекс мөлшерін 6-10% аралығында одан әрі өсіру беріктіктің тек мардымсыз өзгеруімен сипатталды. Осыған орай беріктік және құн көрсеткіштерін бірлесіп талдау цемент массасының 4% мөлшеріндегі латекстің осы жүйе үшін ең тиімді мөлшер екенін анықтауға негіз болды.

Шыққан нәтижелердің негізінде жерасты тау-кен қазбаларын бекіту үшін рационалды құрам Цемент:Құм:Қиыршық тас:Су:Латекс = 1:1,4:1,5:0,48:0,04 қатынасымен ұсынып отырмыз. Ұсынылған құрам механикалық тиімділік пен экономикалық орындылықтың оңтайлы үйлесімін қамтамасыз етеді. Бұны өндірістік апробация нәтижелері де растап отыр: зертханалық үлгілер арасындағы айырмашылық 0,4-0,9% шамасында болды.

Анықталған ұтымды құрамды өндірістік жағдайда қолдану - практикалық тұрғыдан да тиімді нәтижені берді. Анықтап айтқанда, бекітпе қабатының қалыңдығын 8 см-ден 4 см-ге дейін азайтуға, бүрікпебетон шығынын 552 м³-тен 276 м³-ке дейін қысқартуға және 400 м қазбаны бекітуге жұмсалатын жалпы шығынды шамамен 39%-ға төмендетуге мүмкіндік тудырады. Осы көрсеткіштер ұсынылып отырған материалдың тек зертханалық жағдайда ғана емес, нақты өндірістік жағдайда да тиімді екенін көрсетеді.

Қорыта келгенде, латекспен модификацияланған үш компонентті полимерцементті торкретбетон жерасты тау-кен қазбаларын бекітуге арналған техникалық және экономикалық жағынан негізделген шешім ретінде қарастырылуы мүмкін. Шыққан нәтижелер торкретбетон құрамдарын бағалау кезінде беріктікпен бірге экономикалық тиімділікті де ескеру қажеттігін көрсетті. Алдағы зерттеулерді материалдың ұзақ мерзімді беріктігін, агрессивті ортадағы тұрақтылығын және әртүрлі тау-геологиялық жағдайларда қолдану ерекшеліктерін нақтылау үшін бағыттау орынды болып саналады.

Әдебиеттер

1. Almenov T. M., Zhanakova R. K., Sarybayev M., Shabaz D. M. A Novel Approach to Selecting Rational Supports for Underground Mining Workings.//Civil Engineering Journal.- 2025.-Vol.11(3). -P.1217-1241. DOI 10.28991/CEJ-2025-011-03-022.

2. Begalinov A., Almenov T., Zhanakova R., Bektur B. Analysis of the stress deformed state of rocks around the haulage roadway of the Beskempir field (Kazakhstan). //Mining of Mineral Deposits. -2020.-Vol.14(3):28-36. DOI 10.33271/mining14.03.028.

3. Istekova S., Makarov A., Tolybaeva D., Sirazhev A., Togizov K. Determining the Boundaries of Overlying Strata Collapse Above Mined-Out Panels of Zhomart Mine Using Seismic Data. // Geosciences. -2024.-Vol.14(11): 310. DOI 10.3390/geosciences14110310.

4. Almenov T., Zhanakova R., Sarybayev M., Seitkazynova B., Shabaz D. M., Nurperzent B. Innovative Compositions of Shotcrete Mixtures for Reinforcement of Underground Mine Excavations. //HighTech and Innovation Journal. -2025.-Vol.6(4). DOI 10.28991/HIJ-2025-06-04-07.

5. Wang W., Zhang S., Wang Y., Yuan J., Niu D. Pore structure characteristics of admixture shotcrete and its quantitative relationship with mechanical properties in high geothermal environment. //Journal of Materials Research and Technology.2024.-Vol.28.-P.643-654. DOI 10.1016/j.jmrt.2023.10.190.

6. Wang X., Islam M. M., Zhang Q. Influence of materials and nozzle geometry on spray and placement behavior of wet-mix shotcrete. //Case Studies in Construction Materials. - 2024.-Vol.20(4): e02852. DOI 10.1016/j.cscm.2024.e02852.

7. Rysbekov K. B., Kyrgizbayeva D. M., Miletenko N. A., Kuandykov T. A. Integrated monitoring of the area of Zhilandy deposits. //Eurasian Mining. -2024.-No1.-P.3-6. DOI 10.17580/em.2024.01.01.

8. Межгосударственный стандарт ГОСТ 10564-75 «Латекс синтетический СКС-65 ГП. Технические условия». https://meganorm.ru/Data2/1/4294840/4294840202.pdf.

9. Imashev A., Suimbayeva A., Zhunusbekova G., Adoko C., Issakov B. Assessing stability of mine workings driven in stratified rock mass. //Mining of Mineral Deposits. -2024.-Vol.18(1). -P.82-88. DOI 10.33271/mining18.01.082.

10. Konovalova N., Pankov P., Bespolitov D., Petukhov V., et.all. Road soil concrete based on stone grinder waste and wood waste modified with environmentally safe stabilizing additive.//Case Studies in Construction Materials. -2023.-Vol.19: e02318. DOI 10.1016/j.cscm.2023.e02318.

References

1. Almenov T. M., Zhanakova R. K., Sarybayev M., Shabaz D. M. A Novel Approach to Selecting Rational Supports for Underground Mining Workings.//Civil Engineering Journal.- 2025.-Vol.11(3). -P.1217-1241. DOI 10.28991/CEJ-2025-011-03-022.

2. Begalinov A., Almenov T., Zhanakova R., Bektur B. Analysis of the stress deformed state of rocks around the haulage roadway of the Beskempir field (Kazakhstan). //Mining of Mineral Deposits. -2020.-Vol.14(3):28-36. DOI 10.33271/mining14.03.028.

3. Istekova S., Makarov A., Tolybaeva D., Sirazhev A., Togizov K. Determining the Boundaries of Overlying Strata Collapse Above Mined-Out Panels of Zhomart Mine Using Seismic Data. // Geosciences. -2024.-Vol.14(11): 310. DOI 10.3390/geosciences14110310.

4. Almenov T., Zhanakova R., Sarybayev M., Seitkazynova B., Shabaz D. M., Nurperzent B. Innovative Compositions of Shotcrete Mixtures for Reinforcement of Underground Mine Excavations. //HighTech and Innovation Journal. -2025.-Vol.6(4). DOI 10.28991/HIJ-2025-06-04-07.

5. Wang W., Zhang S., Wang Y., Yuan J., Niu D. Pore structure characteristics of admixture shotcrete and its quantitative relationship with mechanical properties in high geothermal environment. //Journal of Materials Research and Technology.2024.-Vol.28.-P.643-654. DOI 10.1016/j.jmrt.2023.10.190.

6. Wang X., Islam M. M., Zhang Q. Influence of materials and nozzle geometry on spray and placement behavior of wet-mix shotcrete. //Case Studies in Construction Materials. - 2024.-Vol.20(4): e02852. DOI 10.1016/j.cscm.2024.e02852.

7. Rysbekov K. B., Kyrgizbayeva D. M., Miletenko N. A., Kuandykov T. A. Integrated monitoring of the area of Zhilandy deposits. //Eurasian Mining. -2024.-No1.-P.3-6. DOI 10.17580/em.2024.01.01.

8. Межгосударственный стандарт ГОСТ 10564-75 «Латекс синтетический СКС-65 ГП. Технические условия». https://meganorm.ru/Data2/1/4294840/4294840202.pdf.

9. Imashev A., Suimbayeva A., Zhunusbekova G., Adoko C., Issakov B. Assessing stability of mine workings driven in stratified rock mass. //Mining of Mineral Deposits. -2024.-Vol.18(1). -P.82-88. DOI 10.33271/mining18.01.082.

10. Konovalova N., Pankov P., Bespolitov D., Petukhov V., et.all. Road soil concrete based on stone grinder waste and wood waste modified with environmentally safe stabilizing additive.//Case Studies in Construction Materials. -2023.-Vol.19: e02318. DOI 10.1016/j.cscm.2023.e02318.

Авторлар туралы мәлімет

Алменов Т.М.- техника ғылымдарының кандидаты, «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КЕАҚ (Satbayev University), Алматы, Қазақстан, e-mail: T.Almenov@satbayev.university;

Жанакова Р.К.- PhD, «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КЕАҚ (Satbayev University)», Алматы, Қазақстан, e-mail: r.zhanakova@satbayev.university;

Сейтқазынова Б.А.- 2-курс докторанты, «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КЕАҚ (Satbayev University), Алматы, Қазақстан, e-mail: seitkazynovva@gmail.com;

Шабаз Д.-М.М. - 1-курс докторанты, «Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КЕАҚ (Satbayev University), Алматы, Қазақстан, e-mail: shabazdinmuhammed@gmail.com.

Information about the authors

Almenov T. - candidate of Technical Sciences, K.I.Satpayev Kazakh National Research Technical University named after (Satbaev University), Almaty, Kazakhstan, e-mail: T.Almenov@satbayev.university;

Zhanakova R. - PhD, K.I.Satpayev Kazakh National Research Technical University named after (Satbaev University), Almaty, Kazakhstan, e-mail: r.zhanakova@satbayev.university;

Seitkazynova B. - first-year PhD student, K.I.Satpayev Kazakh National Research Technical University (Satbayev University), Almaty, Kazakhstan; e-mail: seitkazynovva@gmail.com

Shabaz D-M. - second-year Master’s student,Kazakh National Research Technical University named after K.I.Satpayev (Satbaev University), Almaty, Kazakhstan, e-mail: shabazdinmuhammed@gmail.com.