

Код МРНТИ 52.13.23

Т. М. Алменов¹, Р. К. Жанакоева¹, *Б. А. Сейтқазынова¹, Atas Bascetin²¹Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан),²Ыстанбұл техникалық университеті (Ыстанбұл қ., Түркия)

ЖЕРАСТЫ ТАУ-КЕН ҚАЗБАЛАРЫН БЕКІТУГЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН ТОРКРЕТБЕТОН ҚОСПАСЫНЫҢ РАЦИОНАЛДЫ ҚҰРАМДАРЫ

Аннотация. Зерттеу жұмысында жерасты тау-кен қазбаларының бекітпелерінің техникалық, эксплуатациялық, экологиялық және экономикалық тиімділігін арттыру мақсатында полимермен модификацияланған торкретбетон технологиясының жаңа нұсқасы ұсынылады. Ұсынылған тәсіл қоспаның құрамын оңтайландыруды, оны қолдану әдістерін жетілдіруді және әртүрлі геологиялық жағдайларда тиімділігін арттыруды көздейді. Кешенді инженерлік-материалтанулық әдіснама аясында физика-химиялық сипаттамалар зерттеліп, эксперименттік модельдеу, зертханалық және табиғи ортадағы далалық сынақтар жүргізіледі. Сонымен қатар, алынған нәтижелерді дәл бағалау үшін заманауи статистикалық талдау әдістері қолданылады. Бұл зерттеу торкретбетонның беріктігін, адгезиясын және ұзақ мерзімділігін арттыруға, сонымен бірге шығындарды азайтып, қоршаған ортаға әсерін төмендетуге мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: жерасты тау-кен қазбалары, торкретбетон, торкретбетон құрамы, бекітпе, бекіту технологиясы, торкретбетонның рационалды құрамы.

Rational compositions of shotcrete mixtures used for reinforcing underground mine excavations

Abstract. This study proposes a new polymer-modified shotcrete technology aimed at improving the technical, operational, environmental, and economic efficiency of underground mine support systems. The approach includes optimizing the mixture composition, improving application methods, and increasing efficiency under various geological conditions. The research is based on an integrated engineering and materials science methodology, including physicochemical analysis, experimental modeling, laboratory and field testing, and modern statistical evaluation methods. The proposed technology is expected to improve the strength, adhesion, and durability of shotcrete while reducing costs and minimizing environmental impact.

Key words: underground mine workings, shotcrete, shotcrete mix composition, ground support, support technology, rational compositions.

Рациональные составы торкретбетонной смеси, применяемой для крепления подземных горных выработок

Аннотация. В работе предлагается новая технология полимермодифицированного торкретбетона для повышения технической, эксплуатационной, экологической и экономической эффективности крепей подземных горных выработок. Подход предусматривает оптимизацию состава смеси, совершенствование методов нанесения и повышение эффективности применения в различных геологических условиях. Исследование основано на комплексной инженерно-материаловедческой методологии и включает изучение физико-химических свойств, экспериментальное моделирование, лабораторные и полевые испытания, а также современные методы статистического анализа. Предлагаемая технология позволяет повысить прочность, адгезию и долговечность торкретбетона, снизить затраты и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: горные выработки, торкретбетон, состав торкретбетона, крепь, технология крепления, рациональный состав торкретбетонной смеси.

Кіріспе

Әр мемлекеттің әлеуметтік-экономикалық дамуының негізгі стратегиялық міндеттерінің бірі – экономикалық өсім қарқынын жеделдету және оның тиімділігін арттыру болып табылады. Осы мақсатқа озық ғылыми-техникалық жетістіктерді енгізу, өндірістік қуаттарды кешенді жаңғырту және өнеркәсіптік әлеуетті барынша тиімді пайдалану арқылы қол жеткізе аламыз. Бұл процесте көмір, тау-кен және тау-кен химиясы салаларын дамыту айрықша маңызға ие болып отыр. Осындай шараларды іске асыру пайдалы қазбаларды өндіру көлемін арттырумен қатар, саланың технологиялық деңгейін көтеруге, өндіріс шығындарын азайтуға және қоршаған ортаға кері әсерді төмендетуге мүмкіндік алады [1–3].

Зерттеудің материалдары мен әдістемесі

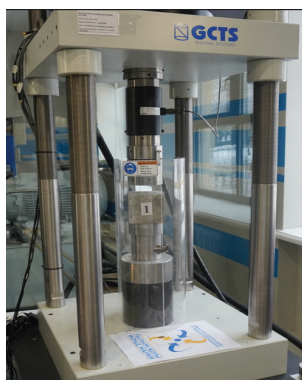
Зертханалық нәтижелерді нақты өндірістік жағдайда растау мақсатында ҚР «Жолбарысты» кенішінің № 4 штольнясындағы жерасты тау-кен қазбасындағы торкретбетон бекітпесінен алынған үлгілерге далалық сынақтар өткізілді. Жалпы далалық зерттеулер екі рет жүргізілді. Ондағы штольняның жату тереңдігі 230 м болады. Жыныстар көлемдік тығыздығы – 2,7 т/м³. Керндер УАД-3 қондырғысын пайдалана отырып, алмасты бұрғылау тәсілімен алынады. Диаметр 100 мм және биіктігі 100 мм керндерді алу торкретбетон бекітілгеннен кейін 28 тәуліктен соң, қазбаның ұзындығы бойынша әр 5 м сайын жүргізіледі. Қоспа беру үшін БМ-60 торкрет машинасы қолданылады. Кернді алу аралығы – 1 күн. Барлығы 5 керн дайындалынды. Жұмыстардың жүргізілген кезеңде қазба-

дағы ауа температурасы +16...+20°C, салыстырмалы ылғалдылық – 60–70% құрады. Үлгілердің цемент массасына шаққандағы 2%, 4%, 6%, 8% және 10% латекс мөлшері қолданылған екі компонентті торкретбетон бекітпесі бар учаскелерден 5 үлгі алынды.

Екі компонентті құрамдардағы цемент мөлшері 280–570 кг/м³ аралығында өзгерді. Байланыстырғыш ретінде Өскемен цемент зауытында өндірілген М400 маркалы портландцемент қолданылды. Екі компонентті қоспалар үшін ұтымды су-цемент қатынасы 0,35–0,45. Беріктік сипаттамаларын анықтау үшін 100 × 100 × 100 мм өлшемді текше үлгілер дайындалды. Бүрікпелі бетон үлгілерінің беріктігін анықтау сынақтары Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ зертханасында ГОСТ 10180 талаптарына сәйкес гидравликалық престің көмегімен жүргізілді. Үлгілер қалыпты жағдайда ұсталды және сынақтар 1, 3, 7 және 28 тәулікте орындалды. Қосымша түрде беріктік Кашкаровтың эталондық балғасын қолдану арқылы анықталды (1–2 сурет).

Нәтижелер

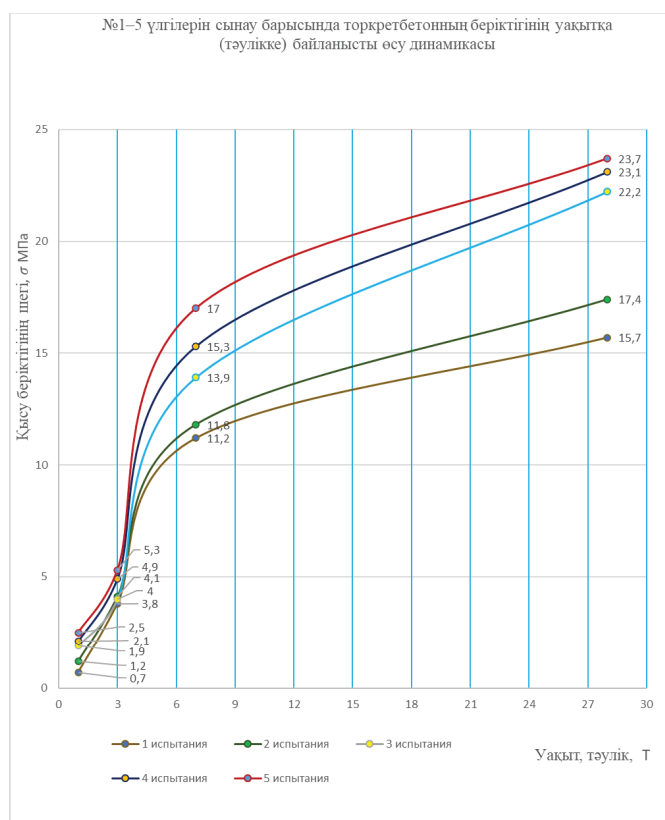
Рационалды екі компонентті дәстүрлі торкретбетон қоспасының нәтижелеріне сүйене отырып, бұл қоспа цемент массасының 2–10% мөлшерінде арнайы жеделдеткіш қоспаны енгізу арқылы модификацияланды. Тез қатайтқыш ретінде жақсартылған адгезиялық және пластикациялаушы қасиеттерге ие «Б» маркалы СКС-65 ГП латекс модификаторы қолданылды. Полимермодификацияланған торкретбетонның жоғарылатылған физика-механикалық көрсеткіштері тау-кен бекітпелерінің сенім-



Сурет 1. Бүрікпелбетон үлгілерінің қысу беріктігі бойынша сынақ нәтижелері.

Figure 1. Results of compressive strength tests of shotcrete specimens.

Рис. 1. Результаты испытаний образцов торкретбетона на прочность при сжатии.



Сурет 2. № 1–5 үлгілеріндегі цемент мөлшері (280–570 кг/м³) әртүрлі бүрікпелбетонның уақыт бойынша беріктік өсімінің динамикасы.

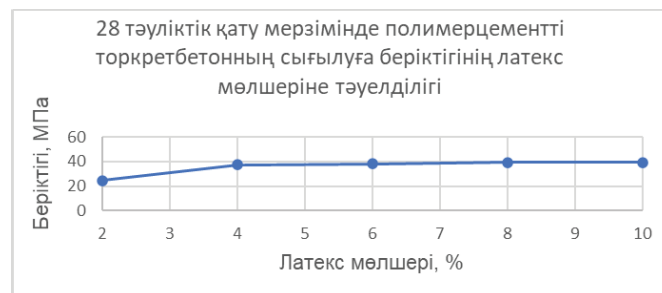
Figure 2. Strength development dynamics of shotcrete specimens No. 1–5 over time at different cement contents (280–570 kg/m³).

Рис. 2. Динамика роста прочности торкретбетона образцов № 1–5 во времени при различном содержании цемента (280–570 кг/м³).

ділігі мен ұзақ мерзімділігін арттыруға ықпал етеді, бұл өз кезегінде жерасты жұмыстарында қауіпсіздік деңгейін және тау-кен өндірісінің өнімділігін жоғарылатады. Сынақтар қорытындылары торкретбетонның механикалық және пайдалану қасиеттерін едәуір жақсартатын компоненттердің ұтымды арақатынастарын анықтауға мүмкін-

дік берді. Латекс пен модификацияланған құрамдардан дайындалған үлгілердің беріктік қасиеттері Қ. И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТУ зертханалық жағдайларында эксперименталды түрде зерттелінді.

Латексті қоспа бар екі компонентті полимерцементті торкретбетонның беріктік сипаттамаларын талдау. Бұл жұмыс аясында цемент массасына шаққанда латекс мөлшері 2–10% аралығында өзгертілген полимерцементті негіздегі екі компонентті торкретбетон құрамдарынан дайындалған үлгілердің беріктік сипаттамалары талдалынды (кесте 1). Сынақтар бұрын баяндалған әдістеме бойынша зертханалық жағдайда орындалынды (сурет 3).



Сурет 3. 28 тәулік қату мерзімінде латекс мөлшеріне байланысты беріктік өзгерісі.

Figure 3. Strength variation depending on latex content at a curing period of 28 days.

Рис. 3. Изменение прочности в зависимости от содержания латекса при сроке твердения 28 суток.

3-суреттегі 28 тәулік қату мерзімінде латекс мөлшеріне байланысты екі компонентті полимерцементті торкретбетонның сығылуға беріктігінің тәуелділіктері көрсетілді. Тәжірибелік деректерді талдау латекс мөлшерін 2-ден 4%-ға дейін арттыру екі компонентті құрам түрі үшін беріктіктің айтарлықтай өсуімен қатар жүретінін аңғартты. Латекстің мөлшерін 4-тен 10%-ға дейін одан әрі арттыру кезде беріктік сипаттамаларының тұрақтануы және көрсеткіштердің шамалы ғана өсуі байқалды (1-сурет). Мысалға, екі компонентті құрам үшін латекс мөлшері 8% болғанда беріктік 39,2 МПа, ал 10% – 39,5 МПа құрайды, бұл бар-жоғы 0,77% өсімге сәйкес келді. Егер

Кесме 1

Екі компонентті полимерцементті латексті торкретбетонның рационалды құрамын анықтау бойынша экономикалық талдау нәтижелері

Table 1

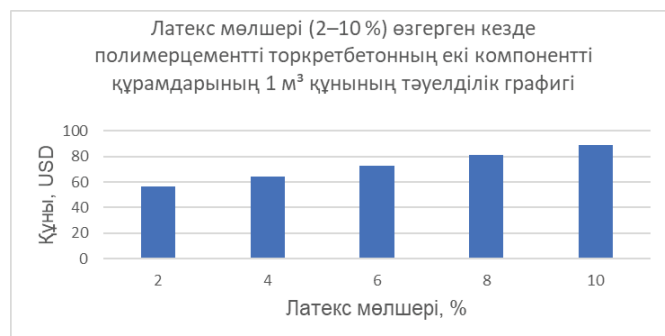
Results of the economic analysis to determine the optimal composition of a two-component polymer-cement latex shotcrete

Таблица 1

Результаты экономического анализа по определению оптимального состава двухкомпонентного полимерно-цементного латексного торкретбетона

№	Бетон қоспасының құрамы 1-5 (Ц:Қ:С:Л)	Цемент, кг	Құм, кг	Қиыршықтас, кг	Латекс, л	Су, л	Сығуға беріктік шегі, МПа	Құны, тг (USD) (1 м³ бетон қоспасы)
Екі компонентті полимерцементті құрам (компоненттердің арақатынасы: Цемент:Құм:Латекс:Су)								
1	1:2,4:0,43:0,02	400	997	-	5,1	112	24,5	56,3
2	1:2,4:0,43:0,04	400	992	-	10,3	111	37,5	64,1
3	1:2,4:0,43:0,06	400	986	-	15,4	110,5	38,1	72,6
4	1:2,4:0,43:0,08	400	982	-	20,4	109,9	39,2	80,8
5	1:2,4:0,43:0,10	400	977	-	25,4	109,4	39,5	88,9

де латекс мөлшері 4% (37,5 МПа, 2-сы сынақ) және 10% (39,5 МПа, 5-сы сынақ) кезіндегі беріктікті салыстырсақ, өсім 5,33% болды. Екі компонентті (Ц:Қ:Л:С) полимерцементті торкретбетон құрамында латекс мөлшері цемент массасына шаққанда 2–10% аралығында өзгертілгеннен кейін, аталған қоспаның құны бойынша экономикалық талдау жүргізілген. Бұл талдау беріктік/құн арақатынасын ескере отырып жүзеге асырылды, бұл материалдың физика-механикалық және экономикалық көрсеткіштерінің ұтымды үйлесімін қамтамасыз ететін полимерлі қоспаның тиімді дозаларын анықтауға мүмкіндік береді (сурет 4–5).

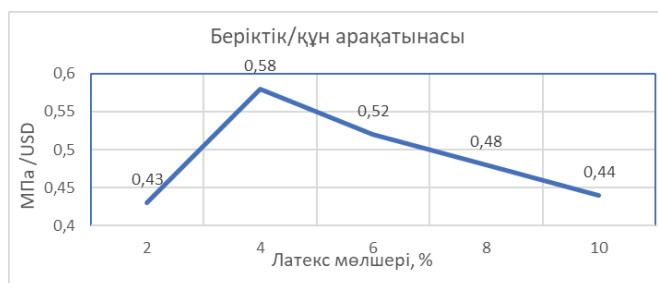


Сурет 4. Латекс мөлшері 2–10% аралығында болған жағдайда торкретбетонның екі компонентті құрамының 1 м³ құнының өзгеру графигі.

Figure 4. A graph showing the change in the cost per cubic meter of a two-component spray-coating mixture with a latex content ranging from 2% to 10%.

Рис. 4. График, отражающий изменение стоимости одного кубического метра двухкомпонентной смеси для торкретирования с содержанием латекса от 2 до 10%.

2-кестеде деректерге сәйкес, сонымен қатар 4 және 5-суреттерде келтірілген графиктер негізінде 1 м³ полимерцементті торкретбетон қоспасының құны латекс мөлшерінің артуымен бірге сызықты түрде өсетіні анық-



Сурет 5. Латекс мөлшеріне байланысты екі компонентті торкретбетонның рационалды құрамдарының беріктік/құн көрсеткіші бойынша салыстырмалы тиімділік талдауы.

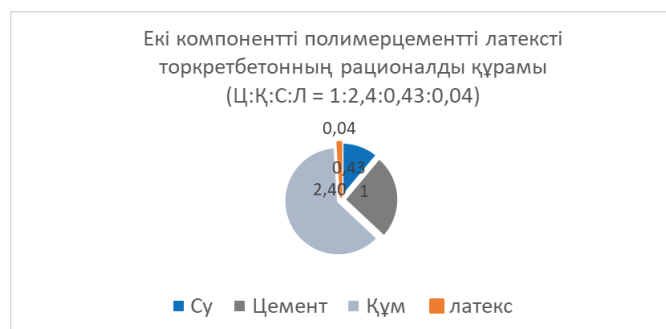
Figure 5. Analysis of the relative performance of the «strength-to-cost» ratio for optimal mixtures of two-component shotcrete, as a function of latex content.

Рис. 5. Анализ относительной эффективности показателя «прочность/стоимость» для оптимальных составов двухкомпонентного торкретбетона в зависимости от содержания латекса.

талынды. Бұл екі компонентті құрамдар үшін құн 56,3-тен 88,9 USD-қа дейін дейін өзгерді. Осы екі компонентті құрамдардың экономикалық тиімділігін талдау латекс мөлшерін 2-ден 10%-ға дейін арттыру (бірінші сынақтан бесіншіге дейін) қоспаның құнын 58%-ға қымбаттататынын, ал беріктіктің 61,2%-ға артатынын көрсетеді. Екінші және бесінші сынақтарды салыстырғанда құн 38%-ға өседі, ал беріктік өсімі небәрі 5,3% болды. Сондай-ақ, төртінші (80,8 USD/м³) және бесінші (88,9 USD/м³) құрамдардың айырмашылығы 10,1% болса, беріктік өсімі бар-жоғы 0,77% құрады. Осы нәтиже цемент массасының 4%-ынан жоғары латекс қосудың экономикалық тұрғыдан тиімсіз екенін көрсетті. Латекс торкретбетонның тиімділігін бағалау сығылуға беріктік шегінің (МПа) 1 м³ қоспаның құнына (USD) қатынасы арқылы да жүргізілген (3-сурет). Жоғары тиімділік латекс мөлшері 4% болғанда байқалады – 0,58 МПа.

Жасалынған полимерцементті латексті торкретбетонның беріктік сипаттамаларын зерттеу және оның экономикалық тиімділігін талдау нәтижесінде екі компонентті материалдың рационалды құрамы анықталынды. Осы құрам эксплуатациялық қасиеттер мен өзіндік құнның ұтымды арақатынасын қамтамасыз етеді (сурет 6). Пайдалануға рационалды деп танылған екі компонентті полимерцементті латексті торкретбетон құрамы:

Цемент:Құм:Су:Латекс = 1:2,4:0,43:0,04.



Сурет 6. Екі компонентті полимерцементті латексті торкретбетонның рационалды құрамы.

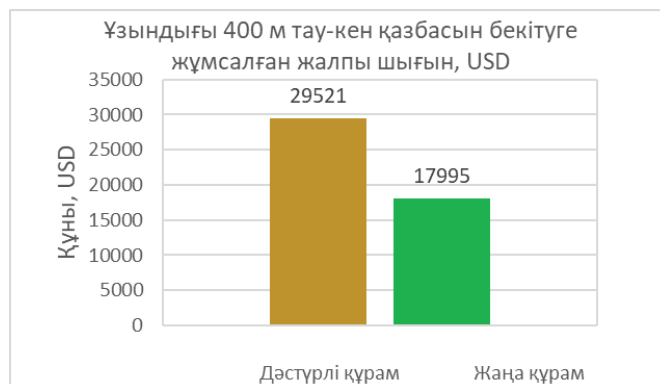
Figure 6. Rational composition of two-component polymer-cement latex shotcrete.

Рис. 6. Рациональный состав двухкомпонентного полимерцементного латексного торкретбетона.

Зерттеу нәтижелерін талдау

Жасалынған 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 көрсетеді. Осындай конструктивтік шешім тау-кен қазбаларын тұрғызу кезінде материал шығынын, еңбек шығынын және жалпы жұмыс құнын төмендетуге әсерін тигізеді. Осы жаңа құрамдағы полимерцементті латексті торкретбетонды қолданудың экономикалық көрсеткіштерінің зерттеу нәтижелері анықталды (кесте 2, сурет 7).

Дәстүрлі бүрікпелбетон мен жаңа полимерцементті құрамды қолданудың салыстырмалы техника-экономикалық тиімділігін талдау төмендегі қорытындыларды тұжырымдауға мүмкіндік береді: Жаңа полимерцементті құрамды қолдану бүрікпелбетон қабатының қалыңдығын 8 см-ден 4 см-ге дейін азайтуға мүмкіндік берді. Бұл материалдың беріктігінің жоғары екенін және адгезиялық қасиеттерінің жақсарғанын көрсетеді, яғни бекітпенің көтергіштік және қорғаныштық сипаттамаларын төмендетпей-ақ қалыңдығы аз болған жағдайда да талап етілетін тұрақтылықты қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, жаңа құрамды қолдану тау-кен қазбасының жарықтағы кимасының ауданын 13,8 м²-ден 14,4 м²-ге дейін ұлғайтуға ықпал ететіні анықталды. Бұл желдету жағдайларына оң әсер етеді және жобалық габариттер сақталған жағдайда қазба ішіндегі көлікпен қатынау қолжетімділігін жақсартады. Қабат қалыңдығының азаюы бүрікпелбетон қоспасының жалпы шығынын екі есе қысқартты – 552 м³-тен 276 м³-ке дейін, бұл 50% төмендеуге сәйкес келеді. Бұл бекітілетін материал көлемінің азаюымен қатар, қоспаның шығындарын



Сурет 7. 400 м қазбаны бекіту кезінде дәстүрлі және полимерцементті латексті торкретбетонның құнын салыстыру.

Figure 7. Cost comparison of supporting a 400 m excavation using conventional and polymer-cement latex shotcrete.

Рис. 7. Сравнение стоимости крепления 400 м выработки традиционным и полимерцементным латексным торкретбетоном.

10%-ға дейін төмендетумен сипатталатын оны бекітудің анағұрлым тиімді технологиясымен де байланысты. Жаңа құрамның 1 м³ құны 65,2 USD болып, дәстүрлі құраммен (53,48 USD) салыстырғанда 22% жоғары болғанына қарамастан, ұзындығы 400 м тау-кен қазбасын бекітуге кеткен жалпы шығын жаңа құрамды қолданғанда 17 995 USD құрады, ал дәстүрлі материал қолданылғанда 29 521 USD болды. Үнемдеу 11 526 USD, яғни 39%-дан астам. Осылайша, жаңа құрамдағы полимерцементті латексті бүрікпелбетонды қолдану техникалық жағынан да, экономикалық жағынан да елеулі артықшылықтарға ие екенін көрсетеді. Қабат қалыңдығы мен қоспа шығыны көлемінің айтарлықтай қысқаруы эксплуатациялық сипаттамалардың бір мезгілде артуымен қатар жүруі материалдың жоғары тиімділігін дәлелдейді. Жаңа полимерцементті құрамның 1 м³ құны 22% жоғары болғанымен, тау-кен қазбасын бекітуге жұмсалатын жиынтық шығындар (Қазақстан Республикасы, «Жолбарысты» кеніші) шамамен 39%-дан астам төмендейді. Бұл аталған технологияны қолданудың экономикалық мақсатқа сәйкестігін және жоғары тиімділігін көрсетеді, әрі оны тау-кен өнеркәсібінде кеңінен енгізуді негіздейді.

Қорытынды

Бұл жұмыс бойынша жүргізілген зерттеулерде латекспен модификацияланған қоспалар негізіндегі торкретбетонның жетілдірілген құрамын әзірлеу және аталған қоспалармен тау-кен қазбаларын бекіту технологиясы қарастырылды. Нақтылап айтқанда екі компонентті торкретбетон қоспасының тиімді құрамы жасалған, онда цемент шығыны – 400 кг/м³ болғанда, қоспалардың оңтайлы ара қатынастық құрамы келесідей болғандығы анықталды: Ц:Қ:С:Л = 1:2,4:0,43:0,04. Жаңа құрамда полимерцементті торкретбетонды қолданып, бекіту параметрлерін оңтайландыру бекітпе қабатының қалыңдығын 50%-ға азайтуға, қазба кимасын 5%-ға ұлғайтуға және шығындарды 39%-ға

Кесте 2

Жаңа құрамдағы полимерцементті латексті торкретбетонды қолданудың техника-экономикалық көрсеткіштері

Table 2

Technical and economic indicators for the use of a new formulation of polymer-cement latex shotcrete

Таблица 2

Технико-экономические показатели применения полимерно-цементного латексного торкретбетона нового состава

Көрсеткіштер	Тау-кен қазбасының бекітпесін дәстүрлі құрамдағы бүрікпобетонмен тұрғызу кезінде	Тау-кен қазбасының бекітпесін жаңа полимерцементті құрамдағы бүрікпобетонмен тұрғызу кезінде
Қазбаның өту кезіндегі көлденең қимасының ауданы (алдын ала), (жобалық қима), м ²	15	15
Қазбаның ұзындығы, м	400	400
Бүрікпобетон қабатының қалыңдығы (бекітпенің орташа қалыңдығы), см	8	4
Қазбаның жарықтағы (бекітілгеннен кейінгі) көлденең қимасының ауданы, м ²	13,8	14,4
15% шығынды (материалдың қайтуын) ескере отырып бүрікпобетон қоспасының шығыны, м ³	552	276
Бүрікпобетон қоспасының 1 м ³ құны, USD (\$)	53,48	65,2
400 м тау-кен қазбасын бекітуге жалпы шығын, USD (\$)	29521	17995

төмендегу мүмкіндігіне қол жеткізді. Жасалған құрамдағы полимерцементті латексті торкретбетонмен тау-кен қазбалары мен жерасты ғимараттарын бекітуге тиімді болатындығы тәжірибелік сынақтар арқылы дәлелденілді. Бұның тиімділігі «Жолбарысты» кенішінде (400 м болатын) № 4

штольняны жүргізу кезінде сыналанды. Экономика жағынан тиімділігі 5 763 000 теңгені (11 526 USD) құрады, бұл дегеніміз полимерцементті латексті торкретбетонның жаңа құрамын күрделі шарттарда өтілетін тау-кен қазбаларын бекітуге кеңінен қолдануға болатындығын көрсетеді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Жерасты кен қазбаларын бекітуге арналған бүрікпобетон қоспаларының инновациялық құрамдары / Т. М. Алменов [және т. б.] // HighTech and Innovation Journal. – 2025. – Т. 6. – № 4. – Б. 1238–1263 (ағылшын тілінде)
2. Беттік сканерлеу негізінде талшықпен нығайтылған бүрікпобетон мен гранит интерфейсінің ығысу арқылы бұзылу сипаттамаларын зерттеу / Zh. Hu [және т. б.] // Case Studies in Construction Materials. – 2024. – Т. 21. – e03486 (ағылшын тілінде)
3. Бетон бекітпелерінің жетілдірілген жаңа құрамдары / Т. М. Алменов [және т. б.] // Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық университетінің хабаршысы. – 2015. – № 5. – Б. 225–229 (қазақ тілінде)
4. Heidarneszhad F., Zhang Q. Бүрікпобетон негізіндегі 3D-бетонды басып шығару: қазіргі жағдайы, қиындықтары және даму мүмкіндіктері // Construction and Building Materials. – 2022. – Т. 323. – 126545 (ағылшын тілінде)
5. Жерасты кен қазбалары үшін ұтымды бекітпе түрлерін таңдаудың жаңа тәсілі / Т. М. Алменов [және т. б.] // Civil Engineering Journal (C.E.J). – 2025. – Т. 11. – № 3. – Б. 1217–1241 (ағылшын тілінде)
6. Тропикалық топырақтар үшін құймалы топырақ-бетонға арналған бірыңғай қоспа / L. Walter [және т. б.] // Results in Engineering. – 2025. – Т. 25. – 103981 (ағылшын тілінде)
7. Қабатты тау жыныстары массивінде жүргізілген кен қазбаларының орнықтылығын бағалау / A. Imashev [және т. б.] // Mining of Mineral Deposits. – 2024. – Т. 18. – № 1. – Б. 82–88 (ағылшын тілінде)
8. Жоғары геотермиялық ортадағы қоспалы бүрікпобетонның кеуек құрылымының сипаттамалары және оның механикалық қасиеттерімен сандық байланысы / W. Wang [және т. б.] // Journal of Materials Research and Technology. – 2024. – Т. 28. – Б. 643–654 (ағылшын тілінде)

9. Бескемпір кен орнындағы тасымалдау қазбасы маңындағы тау жыныстарының кернеулі-деформацияланған күйін талдау / A. Begalinov [және т. б.] // *Mining of Mineral Deposits*. – 2020. – Т. 14. – № 3. – Б. 28–36 (ағылшын тілінде)
10. Жыланды кен орындары ауданының кешенді мониторингі / K. B. Rysbekov [және т. б.] // *Eurasian Mining*. – 2024. – Т. 41. – № 1. – Б. 3–6 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. *Innovative Compositions of Shotcrete Mixtures for Reinforcement of Underground Mine Excavations* / T. M. Almenov et al. // *HighTech and Innovation Journal*. – 2025. – Vol. 6. – No. 4. – P. 1238–1263 (in English)
2. *Study on shear failure characteristics of fiber-reinforced shotcrete-granite interface based on surface scanning* / Zh. Hu et al. // *Case Studies in Construction Materials*. – 2024. – Vol. 21. – Article e03486 (in English)
3. *Improved New Compositions of Concrete Supports* // T. M. Almenov et al. // *Kazakh National Technical University after K. I. Satpayev Bulletin*. – 2015. – No. 5. – P. 225–229 (in Kazakh)
4. *Heidarnezhad F., Zhang Q. Shotcrete based 3D concrete printing: State of art, challenges, and opportunities* // *Constr. Build. Mater.* – 2022. – Vol. 323. – Article 126545 (in English)
5. *A Novel Approach to Selecting Rational Supports for Underground Mining Workings* / T. M. Almenov et al. // *Civil Engineering Journal (C.E.J.)*. – 2025. – Vol. 11. – Issue 03. – P. 1217–1241 (in English)
6. *A single additive for poured earth concrete with tropical soils* / L. Walter et al. // *Results in Engineering*. – 2025. – Vol. 25. – Article 103981 (in English)
7. *Assessing stability of mine workings driven in stratified rock mass* / A. Imashev et al. // *Mining of Mineral Deposits*. – 2024. – Vol. 18. – Issue 1. – P. 82–88 (in English)
8. *Pore structure characteristics of admixture shotcrete and its quantitative relationship with mechanical properties in high geothermal environment* / W. Wang et al. // *Journal of Materials Research and Technology*. – 2024. – Vol. 28. – P. 643–654 (in English)
9. *Analysis of the stress deformed state of rocks around the haulage roadway of the beskempir field (Kazakhstan)* / A. Begalinov et al. // *Mining of Mineral Deposits*. – 2020. – Vol. 14. – Issue 3. – P. 28–36 (in English)
10. *Integrated monitoring of the area of Zhilandy deposits* / K. B. Rysbekov et al. // *Eurasian Mining*. – 2024. – Vol. 41. – Issue 1. – P. 3–6 (in English)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Инновационные составы торкрет-бетонных смесей для укрепления подземных горных выработок* / T. M. Almenov [и др.] // *High Tech and Innovation*. – 2025. – Т. 6. – № 4. – С. 238–1263 (на английском языке)
2. *Исследование характеристик сдвигового разрушения граничного слоя между армированным волокном торкрет-бетоном и гранитом на основе сканирования поверхности* / Zh. Hu [и др.] // *Case Studies in Construction Materials*. – 2024. – Т. 21. – Ст. e03486 (на английском языке)
3. *Новые усовершенствованные составы арматуры для бетона* / Т. М. Алменов [и др.] // *Вестник Казахского национального технического университета им. К. И. Сатбаева*. – 2025. – № 5. – С. 225–229 (на казахском языке)
4. *Heidarnezhad F., Zhang Q. 3D-печать бетона с использованием торкрет-бетона: современное состояние, проблемы и перспективы* // *Constr. Build. Mater.* – 2022. – Т. 323. – Ст. 126545 (на английском языке)
5. *Новый подход к выбору рациональных опорных конструкций для подземных горных выработок* / T. M. Almenov [и др.] // *Civil Engineering Journal (C.E.J.)*. – 2025. – № 03. – С. 1217–1241 (на английском языке)
6. *Единая добавка для бетона из сыпучих грунтов в условиях тропического климата* / L. Walter [и др.] // *Results in Engineering*. – 2025. – Т. 25. – Ст. 103981 (на английском языке)
7. *Оценка устойчивости горных выработок, проложенных в слоистой горной породе* / A. Imashev [и др.] // *Mining of Mineral Deposits*. – 2024. – Т. 18. – № 1. – С. 82–88 (на английском языке)
8. *Характеристики поровой структуры торкрет-бетона с добавками и их количественная зависимость от механических свойств в условиях высокой геотермальной активности.* / W. Wang [и др.] // *Journal of Materials Research and Technology*. – 2024. – Т. 28. – С. 643–654 (на английском языке)
9. *Анализ деформированного под действием напряжений состояния горных пород вблизи вывозной дороги на месторождении Бескемпир (Казахстан)* / A. Begalinov [и др.] // *Mining of Mineral Deposits*. – 2020. – Т. 14. – № 3. – С. 28–36 (на английском языке)
10. *Комплексный мониторинг района Жиландинских месторождений* / K. B. Rysbekov [и др.] // *Eurasian Mining*. – 2024. – Т. 41. – Вып. 1. – С. 3–6 (на английском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Алменов Т. М., техника ғылымдарының кандидаты, «Тау-кен ісі» кафедрасының профессоры, «Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КЕАҚ (Алматы қ., Қазақстан), T.Almenov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-9674-8598>
Жанакова Р. К., Ph.D докторы, «Тау-кен ісі» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, «Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КЕАҚ (Алматы қ., Қазақстан), r.zhanakova@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0003-0845-8449>
Сейтқазынова Б. А., «Тау-кен инженериясы» мамандығының 2-курс докторанты, «Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті» КЕАҚ (Алматы қ., Қазақстан), seitkazynova@gmail.com; <https://orcid.org/0009-0005-8018-7884>
Atac Bascetin, Ph.D докторы, «Тау-кен инженериясы» кафедрасының профессоры, Ыстанбұл техникалық университеті (Ыстанбұл қ., Түркия), abascetin@itu.edu.tr; <https://orcid.org/0000-0001-7533-4599>

Information about the authors:

Almenov T. M., candidate of Technical Sciences, Professor of the Mining Department, Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)
Zhanakova R. K., Ph.D, Associate Professor of the Mining Department, Kazakh National Research Technical University named after K. I. Satpayev (Almaty, Kazakhstan)
Seitkazynova B. A., second-year Ph.D student in the field of «Mining Engineering», Kazakhstan National Research Technical University (Almaty, Kazakhstan)
Atac Bascetin, Ph.D, Istanbul Technical University, Faculty of Mines, Department of Mining Engineering (Istanbul, Turkey)

Сведения об авторах:

Алменов Т. М., канд. техн. наук, профессор кафедры «Горное дело», НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан)
Жанакова Р. К., доктор Ph.D, ассоциированный профессор кафедры «Горное дело», НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан)
Сейтқазынова Б. А., докторант 2 курса по специальности «Горная инженерия», НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет им. К. И. Сатпаева» (г. Алматы, Казахстан)
Atac Bascetin, доктор Ph.D, профессор кафедры «Горная инженерия», Стамбульский технический университет (г. Стамбул, Турция)

ГОРНЫЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

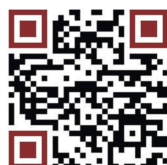


ПОДПИСКА' 2026

РЕКЛАМНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

СОТРУДНИЧЕСТВО

Узнайте больше
на сайте:



Instagram:



Консультация
в WhatsApp:

