

Код МРНТИ 52.13.23

М.А. Байкенжин¹, *Ж.М. Асанова¹, Ш.А. Абдибаитов², Ж.Н. Нокина¹¹Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова»
(г. Караганда, Казахстан),²Кыргызский государственный университет геологии, горного дела и освоения природных ресурсов
им. акад. У. Асаналиева (г. Бишкек, Кыргызстан)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АРОЧНОЙ РАМОЙ КРЕПИ

Аннотация. Цель работы – повышение несущей способности металлических арочных крепей, используемых для поддержания горных выработок с помощью усиления в местах с наибольшим изгибающим моментом. Математическое моделирование применения усилителей крепи показало, что длину отрезков специального взаимозаменяемого профиля достаточно принять 30 см. Несложные расчеты показали, что вместо СВП 27 можно применить СВП 17 с вкладышами из отрезков того же типоразмера и сэкономить около 10 кг стали с каждого метра рамы. Предлагаемый способ повышения несущей способности крепи позволит снизить металлоемкость крепления горных выработок, и тем самым получить существенную экономию материальных и трудовых ресурсов. Проведенные исследования дают основание полагать, что предлагаемый вариант повышения несущей способности крепи, изготавливаемой из стального профиля проката, может существенно улучшить состояние горных выработок.

Ключевые слова: горная выработка, давление, арочная крепь, сталь, деформация, сопротивление, напряженно-деформированное состояние, изгибающий момент, специальный взаимозаменяемый профиль, поддержание.

Аркалы рамалық бекітпенің көтергіш қабілетін жетілдіру

Анатпа. Жұмыстың максаты-ең үлкен иілу сәті бар жерлерде күшейту арқылы тау-кен қазбаларын ұстап тұру үшін қолданылатын металл аркалы бекітпелердің көтергіш қабілетін арттыру. Бекіткіш күшейткіштерді қолданудың математикалық модельдеуі арнайы ауыстырылатын профиль сегменттерінің ұзындығын 30 см қабылдау жеткілікті екенін көрсетті. Қарапайым есептеулер ААП 27 орнына ААП 17-ні және осы типтік өлшемдегі кесінді профильді қолдана отырып, раманың әр метрінен шамамен 10 кг болат үнемдей алуға болатынын көрсетті. Бекітпенің көтергіштік қабілетін арттырудың ұсынылып отырған тәсілі тау-кен қазбаларын бекітудің металл сыйымдылығын төмендетуге, сол арқылы материалдық және еңбек ресурстарын айтарлықтай үнемдеуге мүмкіндік береді. Жүргізілген зерттеулер прокаттың болат профілінен жасалған бекітпенің көтеру қабілетін арттырудың ұсынылған нұсқасы тау-кен қазбаларының жағдайын едәуір жақсартып алады деп болжауға негіз береді.

Түйінді сөздер: тау-кен өндірісі, қысым, арка бекітпесі, болат, деформация, қарсылық, кернеулі-деформацияланған күй, иілу моменті, арнайы ауыстырылатын профиль, техникалық қызмет көрсету.

Improving the bearing capacity of the arched frame support

Abstract. The purpose of the work is to increase the bearing capacity of metal arch supports used to maintain mine workings by strengthening in places with the greatest bending moment. Mathematical modeling of the use of reinforcement reinforcements has shown that the length of the special interchangeable profile segments is sufficient to take 30 cm. Simple calculations showed that instead of SIP 27, you can use SIP 17 with inserts from segments of the same size and save about 10 kg of steel from each meter of the frame. The proposed method of increasing the bearing capacity of the support will reduce the metal intensity of the fastening of mine workings, and thereby obtain significant savings in material and labor resources. The conducted studies give reason to believe that the proposed option of increasing the bearing capacity of the support made of rolled steel profile can significantly improve the condition of mine workings.

Key words: mining, pressure, arch support, steel, deformation, resistance, stress-strain state, bending moment, special interchangeable profile, maintenance.

Введение

Одной из серьезных проблем при разработке месторождений полезных ископаемых подземным способом является сохранение горных выработок в эксплуатационном состоянии¹.

Крепи, выполненные из тяжелых профилей специального проката (арочная крепь), в условиях значительного напряженного состояния горного массива недостаточно обеспечивают необходимую устойчивость и безремонтное поддержание выработок. Доля других крепей, применяемых при сооружении горизонтальных и наклонных горных выработок¹, не слишком значительна, типы и объем их применения в процентах представлены в табл. 1.

Другим существенным недостатком является трудоемкий ручной процесс крепления выработок. Операции по возведению арочной крепи

занимают 50-75% проходческого цикла. Значительные затраты времени приходится на операции по соединению элементов крепи, установке распорок и межрамных стяжек, ориентации рам по направлению выработки, расклиниванию арок, установке затяжек и заполнению пустот за крепью. Большинство этих работ

практически невозможно механизировать. В табл. 2 и 3 представлена трудоемкость и технико-экономические показатели крепления 1 м горных выработок различными видами крепи, применяемыми на шахтах Карагандинского бассейна [1].

Подверженность коррозии – еще один серьезный недостаток

Таблица 1

Доли крепей, применяемых при сооружении горных выработок

Кесте 1

Тау-кен қазбаларын салу кезінде қолданылатын бекітпелердің үлесі

Table 1

The proportion of supports used in the construction of mine workings

Типы крепления	%
Металлическая крепь	86,3
Монолитная бетонная крепь	8,6
Анкерная	1,1
Тюбинговая	2,9
Смешанная (железобетонные стойки с металлическим верхняком)	1,1

¹Томилов А.Н. Обоснование параметров проведения горных выработок с использованием технологии анкерного крепления. / Дисс... PhD. – Караганда, 2020. – 198 с.

металлической крепи, особенно при интенсивном воздействии влажного воздуха при вентиляции выработок.

В агрессивных средах шахты разрушение поверхности металла в год составляет от 0,2 мм до 0,54 мм. За год коррозия разрушает 5-7% металлокрепи, поэтому для продления срока службы подготовительных горных выработок поверхность стальной крепи покрывают антикоррозийными составами (в основном пековым лаком)².

Материалы и методы исследования

Наиболее часто используемым способом поддержания выработок является применение соответствующих конструкций крепей, позволяющих в конкретных условиях обеспечивать сохранность выработок. В настоящее время на шахтах по-прежнему широко распространена металлическая податливая арочная крепь из специального взаимозаменяемого профиля (СВП). Необходимо отметить, что повышение несущей способности крепи из СВП достигается за счет увеличения его типоразмера. Такой путь привел к применению СВП-33 для изготовления арочной крепи. Далее идти по этому пути нецелесообразно, поскольку он ведет к повышенной металлоемкости выработок, росту трудозатрат на установку крепи, удорожанию проходческих работ, при этом не гарантирует безремонтного поддержания [2].

С целью устранения перечисленных отрицательных факторов авторами предлагается способ повышения несущей способности крепи за счет усиления отдельных ее участков, главным образом верхняков, с помощью усилителей профиля СВП, которые представляют собой отрезки того же типоразмера, что и основная крепь (рис. 1). Отрезки СВП длиной 200-300 мм предлагается устанавливать на участках крепи, подверженных наибольшему изгибающим моментам, тем самым увеличиваются моменты сопротивления сечения профиля W_x и W_y . В результате, самые опасные участки крепи будут соответствовать типоразмерам более

Таблица 2
Трудоёмкость крепления 1 м выработки
Кесте 2
1 м өндірісті бекітудің еңбек сыйымдылығы
Table 2
Labor intensity of fixing 1 m of workings

Вид крепи	Трудоёмкость, чел.-смен		
	Доставка крепи	Возведение крепи	Всего
Сборная железобетонная рамная	0,651	1,22	1,722
Металлическая арочная	0,549	1,171	1,71
Анкерная в сочетании с металлической рамной	0,581	1,168	1,69
Анкерная	0,108	0,635	0,640

Таблица 3
Затраты на крепление 1 м выработки различными видами крепи
Кесте 3
Бекітпенің әртүрлі түрлерімен 1 м қазбаны бекітуге арналған шығындар
Table 3
Costs for fixing 1 m of workings with various types of fasteners

Вид крепи	Площадь сечения выработки, м ²	Затраты на крепление 1 м выработки, тыс. тенге
Металлическая арочная	9	47,6
Железобетонная рамная	7,9	43,5
Анкерная	9	20

Таблица 4
Результаты применения усиливающих элементов
Кесте 4
Күшейтетін элементтерді қолдану нәтижелері
Table 4
Results of the use of reinforcing elements

Параметр	Крепль без усилителей	Крепль с 1 усилителем	Крепль с 3 усилителями
Максимальные перемещения, мм	132,55	120,34	51,64
Напряжение по оси у, КПа	20766,2	18443,1	15012,7
Интенсивность напряжений, КПа	84936,7	64089,9	38942,4

СВП-33, следовательно, будет возможно основную раму изготовить, например, из СВП-22, а усиленные участки будут соответствовать СВП-44 [3]. Возможно усиление крепи без снижения металлоемкости – в случаях ожидаемой деформации крепи под действием горного давления, когда другие способы безремонтного поддержания подготовительных выработок неэффективны или требуют больших затрат времени, материалов и трудовых ресурсов. Таким образом, в соответствии с принципами управления

напряженно-деформированным состоянием рамных крепей управляющие воздействия должны прикладываться в зонах действия экстремальных моментов. Следовательно, для повышения эффективности применения усилительных элементов также необходимо учитывать напряженно-деформированное состояние рамной крепи [4].

В качестве примера на рис. 2 показана обобщенная расчетная схема с комплексными управляющими силовыми воздействиями на раму крепи. В зонах изгибающих моментов

²Корчак А.В. Методология проектирования строительства подземных сооружений. – М.: Недра коммюникейшнс, 2001. – 414 с.

M2, M3, M4 целесообразно применение усилительных элементов³.

При рассмотрении расчетных схем рамной крепи с усиливающими элементами особое внимание необходимо уделять выбору рациональных мест их установки, так как это является одним из основных критериев при оптимизации величин внутренних усилий в раме крепи⁴.

В научно-технической литературе нет единого мнения о принципах выбора мест расположения усилительных элементов в арочной крепи. Основные варианты расположения усилителей [5]:

- 1) в двух точках верхняка на расстоянии 1/3-1/4 пролета;
- 2) усиление при вертикальной нагрузке в верхней части стоек, а при боковой – в середине верхняка;
- 3) усиление в районах узлов податливости.

Проанализировав существующие способы повышения несущей способности арочных крепей, управляющие силовые воздействия на раму крепи и характер взаимодействия крепи с контуром выработки, можно сделать вывод, что применение усиливающих элементов является одним из наиболее рациональных вариантов увеличения несущей способности металлических крепей с минимальными затратами на их установку⁵ [6].

Методы анализа

Применение усиливающих элементов, как показали результаты моделирования напряженно-деформированного состояния усиленной арки, позволяют существенно улучшить ее несущую способность, т.к. при одной и той же заданной нагрузке максимальные перемещения уменьшаются в 2,4 раза, напряжение по оси у сокращается в 1,4 раза, интенсивность напряжения снижается в 1,8 раз (табл. 4) [6, 7].

Полученные результаты исследований применимы в условиях симметричного нагружения рамы жесткой крепи. Для остальных условий при большем количестве исходных данных необходим детальный расчет с целью более точного определения

схемы расположения усилителей по периметру арочной крепи.

Заключение

Анализ результатов проведенного эксперимента позволил сделать следующий вывод: предлагаемый метод моделирования выработок позволяет приблизить модель к реальным

условиям. Результаты проведенного моделирования (выработка с арочным усиленным креплением) говорят об уменьшении напряжений по бокам и впереди выработки, что благоприятствует снижению вероятности деформирования крепи, увеличивая ее несущую способность.

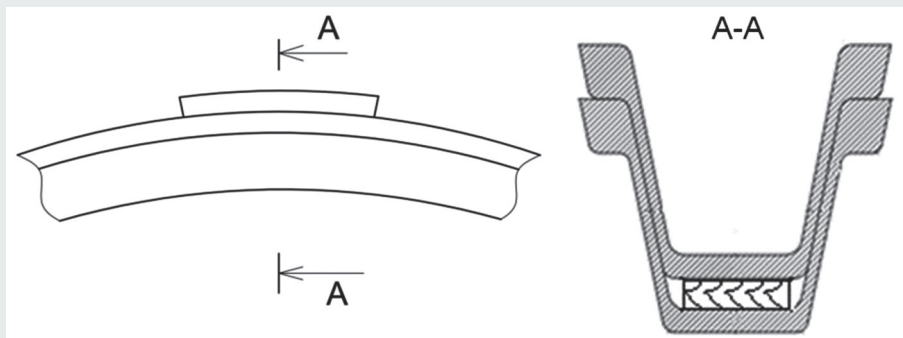


Рис. 1. Усилитель сечения СВП.
Сурет 1. ААП қимасының күшейткіші.
Figure 1. SIP cross-section amplifier.

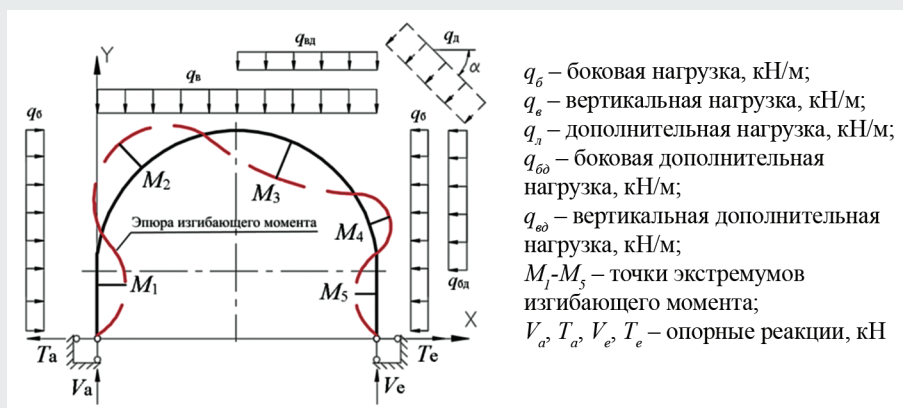


Рис. 2. Обобщенная расчетная схема арочной крепи.
Сурет 2. Дoғалы бекітпенің жалпыланған есептеу схемасы.
Figure 2. Generalized design scheme of arch support.

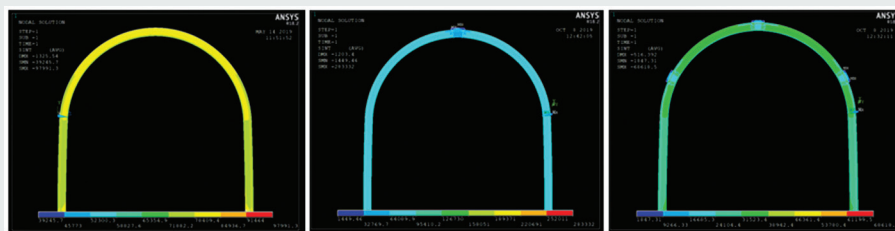


Рис. 3. Изменение интенсивности напряжений в зависимости от варианта применяемой крепи – без усилителя, с одним усилителем и с тремя усилителями.

Сурет 3. Қолданылатын бекіткіштің нұсқасына байланысты кернеу қарқындылығының өзгеруі – күшейткішсіз, бір күшейткішпен және үш күшейткішпен.

Figure 3. Change in voltage intensity depending on the type of support used – without an amplifier, with one amplifier and with three amplifiers.

³Глубоковских Ю.С. Исследование закономерностей изменения несущей способности металлических арочных крепей с расклинивающими элементами. / Дисс... канд. техн. наук. – Екатеринбург, 2017. – 132 с.

⁴Каспарьян Э.В., Козырев А.А., Иофис М.А., Макаров А.Б., Куликова Е.Ю. Геомеханика : учебник. – Мурманск : МГТУ, 2016. – Ч. 1. – 272 с.

⁵Нургулжин М.Р., Даненова Г.Т. Моделирование физических процессов на основе ПК ANSYS: учеб. пособие. – Караганда: КарГТУ, 2015. – 82 с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тутанов С.К., Демин В.Ф., Журов В.В., Демин В.В. Оценка проблемы совершенствования крепления горных выработок. // Труды университета. – Караганда: КарТУ, 2008. – №3. – С. 36-39 (на русском языке)
2. Кириченко В.Я., Бондаренко В.И. Тенденция развития средств крепления подготовительных выработок на угольных шахтах Украины. // Школа подземной разработки: Материалы междунар. научн.-практич. конф. – Днепр: ЛізуновПрес, 2011. – С. 75-80 (на русском языке)
3. Тацценко В.П., Гоголин В.А., Ермакова И.А., Лесин Ю.В., Лисковец А.С. Расчет крепи с учетом тампонажа закрепного пространства. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2019. – С.75-81 (на русском языке)
4. Демин В.Ф., Яворский В.В., Демина Т.В. Исследование напряженного состояния приконтурного массива вокруг выемочных выработок в зависимости от влияния горно-технологических факторов. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – №7-2. – С. 196-200 (на русском языке)
5. Байкенжин М.А., Асанова Ж.М. Повышение несущей способности шахтной рамной крепи путем применения усилителей профилей металлического проката. // Горный журнал. – 2021. – №5. – С. 36-41 (на русском языке)
6. Shaohui Wang, Wei Zhou, Qingxiang Cai, Xuyang Shi, Xiang Lu, Boyu Luan. Модель добычи угля на скользком склоне угольных карьеров Yiminhe. // Геотехника и геологическая инженерия. – 2019. – Т. 37. – Вып. 5. – С. 3727-3737 (на английском языке)
7. Zhuang X., Chun J., Zhu H. Сравнительное исследование распространения незаполненных и заполненных трещин в камнеподобном хрупком материале. // Теоретическая и прикладная механика разрушения. – 2014. – С. 110-120 (на английском языке)
8. Songfeng Guo, Shengwen Qi, Yu Zou, Bowen Zheng. Численные исследования процесса разрушения неоднородных хрупких пород или камнеподобных материалов при одноосном сжатии. // Материалы. – 2017. – №10(4). – С. 378 (22 с.) (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Тутанов С.К., Демин В.Ф., Журов В.В., Демин В.В. Кен қазбаларын бекітуді жақсарту мәселесін бағалау. // Университет материалдары. – Қарағанды: ҚарТУ, 2008. – №3. – Б. 36-39 (орыс тілінде)
2. Кириченко В.Я., Бондаренко В.И. Украинадағы көмір шахталарындағы дайындық жұмыстарына арналған бекіту құралдарын дамыту тенденциясы. // Жерасты тау-кен ісі мектебі: Интерннің еңбектері. ғылыми-практикалық конф. – Днепр: ЛізуновПресс, 2011. – Б. 75-80 (орыс тілінде)
3. Тацценко В.П., Гоголин В.А., Ермакова И.А., Лесин Ю.В., Лисковец А.С. Бекітілген кеңістіктің бітелуін ескере отырып, қаптамананы есептеу. // Кузбасс мемлекеттік техникалық университетінің хабаршысы. – 2019. – Б. 75-81 (орыс тілінде)
4. Демин В.Ф., Яворский В.В., Демина Т.В. Тау-кен және технологиялық факторлардың әсеріне байланысты қазба жұмыстарының айналасындағы контур массасының кернеулік күйін зерттеу // Қолданбалы және іргелі зерттеулердің халықаралық журналы. – 2015. – №7-2. – Б. 196-200 (орыс тілінде)
5. Байкенжин М.А., Асанова Ж.М. Прокатты металл профильдері үшін арматураларды қолдану арқылы шахта қаңқасының тірегінің көтергіштігін арттыру. // Тау-кен журналы. – 2021. – №5. – Б. 36-41 (орыс тілінде)
6. Shaohui Wang, Wei Zhou, Qingxiang Cai, Xuyang Shi, Xiang Lu, Boyu Luan. Yiminhe ашық көмір кеніштеріндегі тайғақ беткейдегі көмір өндіру моделі. // Геотехникалық және геологиялық инженерия. – 2019. – Т. 37. – Шығ. 5. – Б. 3727-3737 (ағылшын тілінде)
7. Zhuang X., Chun J., Zhu H. Тау жыныстары сынғыш материал үшін толтырылмаған және толтырылған жарықшақтардың таралуын салыстырмалы зерттеу. // Теориялық және қолданбалы сыну механикасы. – 2014. – Б. 110-120 (ағылшын тілінде)
8. Songfeng Guo, Shengwen Qi, Yu Zou, Bowen Zheng. Бір осьті сығылу кезінде гетерогенді сынғыш жыныстардың немесе тау жыныстарына ұқсас материалдардың бұзылу процесін сандық зерттеулер. // Материалдар. – 2017. – №10(4). – Б. 378 (22 p.) (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Tutanov S.K., Demin V.F., Zhurov V.V., Demin V.V. Ocenka problemy sovershenstvovaniya krepneniya gornyx vyrabotok [Evaluation of the problem of improving the fastening

- of mine workings]. // *Trudy universiteta = Proceedings of the University*. – Karaganda: KarTU, 2008. – №3. – P. 36-39 (in Russian)
2. Kirichenko V.Ya., Bondarenko V.I. *Tendenciya razvitiya sredstv krepleniya podgotovitel'nyx vyrabotok na ugol'nyx shaxtax Ukrainy [Tendency in the development of fastening means for preparatory workings at coal mines in Ukraine]*. // *Shkola podzemnoj razrabotki: Materialy mezhdunar. nauchn.-praktich. konf. = School of Underground Mining: Proceedings of the Intern. scientific-practical. conf.* – Dnipro: LizunovPres, 2011. – P. 75-80 (in Russian)
 3. Tacienco V.P., Gogolin V.A., Ermakova I.A., Lesin Yu.V., Liskovec A.S. *Raschet krepis uchetom tamponazha zakrepnogo prostranstva [Calculation of the lining, taking into account the plugging of the fixed space]*. // *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta = Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. – 2019. – P. 75-81 (in Russian)
 4. Demin V.F., Yavorskij V.V., Demina T.V. *Issledovanie napryazhennogo sostoyaniya prikonturnogo massiva vokrug vyemochnyx vyrabotok v zavisimosti ot vliyaniya gorno-texnologicheskix faktorov [Investigation of the stress state of the contour mass around the excavation workings depending on the influence of mining and technological factors]*. // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyx i fundamental'nyx issledovanij = International Journal of Applied and Fundamental Research*. – 2015. – №7-2. – P. 196-200 (in Russian)
 5. Bajkenzhin M.A., Asanova Zh.M. *Povyshenie nesushhej sposobnosti shaxtnoj ramnoj krepis putem primeneniya usilitelej profilej metallicheskogo prokata [Increasing the bearing capacity of the mine frame support by using reinforcements for rolled metal profiles]*. // *Gornyj zhurnal = Mining Journal*. – 2021. – №5. – P. 36-41 (in Russian)
 6. Shaohui Wang, Wei Zhou, Qingxiang Cai, Xuyang Shi, Xiang Lu, Boyu Luan. *The Coal Mining Model Under Slippery Slope in Yiminhe Open Pit Coal Mines*. // *Geotechnical and Geological Engineering*. – 2019. – Vol. 37. – Issue 5. – P. 3727-3737 (in English)
 7. Zhuang X., Chun J., Zhu H. *A comparative study on unfilled and filled crack propagation for rock-like brittle material*. // *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*. – 2014. – №72(1). – P. 110-120 (in English)
 8. Songfeng Guo, Shengwen Qi, Yu Zou, Bowen Zheng. *Numerical Studies on the Failure Process of Heterogeneous Brittle Rocks or Rock-Like Materials under Uniaxial Compression*. // *Materials*. – 2017. – №10(4). – P. 378 (22 p.) (in English)

Сведения об авторах:

Байкенжин М.А., канд. техн. наук, доцент кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), mbmqm@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0001-7345-3375>

Асанова Ж.М., старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), zhanar-a@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-1169-8729>

Абдибаитов Ш.А., канд. техн. наук, доцент кафедры «Подземная разработка месторождений полезных ископаемых» Кыргызского государственного университета геологии, горного дела и освоения природных ресурсов им. акад. У. Асаналиева (г. Бишкек, Кыргызстан), abdibaitov69@bk.ru; <https://orcid.org/0000-0002-8874-4041>

Нокина Ж.Н., старший преподаватель кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. А. Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), zh.nokina@mail.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0086-4293>

Авторлар туралы мәліметтер:

Байкенжин М.А., техника ғылымдарының кандидаты, «Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын өндіру» кафедрасының доценті (Қарағанды қ., Қазақстан)

Асанова Ж.М., «Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Пайдалы қазбалар кенорындарын өндіру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Абдибаитов Ш.А., техника ғылымдарының кандидаты, Академик Ө.Асаналиев атындағы Қырғыз мемлекеттік геология, тау-кен ісі және табиғи ресурстарды игеру университеті, «Пайдалы қазбалар кенорындарын жерасты өндіру» кафедрасының доценті (Бишкек қ., Кыргызстан)

Нокина Ж.Н., «Ә. Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» Коммерциялық емес акционерлік қоғамы, «Технологиялық жабдық, машинажасау және стандарттау» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Baikenzhin M.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Department at the «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Asanova Zh.M., Senior Lecturer at the Department «Development of Mineral Deposits» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

Abdibaitov Sh.A., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department «Underground mining of mineral deposits» of the Kyrgyz State University of Geology, Mining and Natural Resources Development named Academician U. Asanaliyev (Bishkek, Kyrgyzstan)

Nokina Zh.N., Senior Lecturer at the Department «Technological Equipment, Mechanical Engineering and Standardization» of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named A. Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)