

# Оценка способов поддержания горных выработок на основе применения анкерной крепи на шахтах Карагандинского угольного бассейна

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-2-4-9>

## **ЗЕЙНУЛЛИН А.А.**

Доктор техн. наук, вице-президент,  
главный ученый секретарь КазНАЕН,  
010000, г. Нур-Султан, Республика Казахстан,  
e-mail: karim\_57@mail.ru

## **АБЕУОВ Е.А.**

Канд. техн. наук,  
кафедра «Разработка месторождений  
полезных ископаемых» КарТУ,  
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,  
e-mail: erkebulan69@mail.ru

## **ДЕМИН В.Ф.**

Доктор техн. наук,  
профессор кафедры «Разработка месторождений  
полезных ископаемых» КарТУ,  
100027, г. Караганда, Казахстан,  
e-mail: vladfdemin@mail.ru

## **АЛИЕВ С.Б.**

Доктор техн. наук, профессор,  
академик НАН РК,  
ведущий научный сотрудник ИПКОН РАН,  
111020, г. Москва, Россия,  
e-mail: alsamat@gmail.com

## **КАЙНАЗАРОВА А.С.**

Магистр техн. наук, PhD докторант,  
преподаватель кафедры  
«Разработка месторождений  
полезных ископаемых» КарТУ,  
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,  
e-mail: k.ainash.c@mail.ru

## **КАЙНАЗАРОВ А.С.**

Канд. техн. наук,  
заведующий кафедрой «Горное дело»  
Экибастузского инженерно-технического  
института им. академика К. Сатпаева,  
141208, г. Экибастуз, Республика Казахстан,  
e-mail: armanayn@mail.ru

В статье рассмотрен опыт эксплуатации глубоких шахт, который показывает, что одной из важных проблем, требующей решения, является обеспечение устойчивости горных выработок. В результате исследования состояния горных выработок шахт со значительной глубиной ведения горных работ выявлено, что более 20% общей протяженности выработок находится в неудовлетворительном состоянии. Ремонт выработок занимаются более 10% подземных рабочих. При перекреплении одного километра выработок расходуется более 70 т металла. Большую роль в поддержании выработок в рабочем состоянии играет крепь. Технология крепления горных выработок является совокупностью приемов и операций по возведению инженерных конструкций, предназначенных для обеспечения устойчивого состояния подземных сооружений в течение всего срока их службы. Учитывая то, что не только вмещающий горный массив влияет на крепь горных выработок, но и сама крепь оказывает обратное воздействие на протекание геомеханических процессов в массиве, вмещающем выработку, можно целенаправленно влиять на происходящие в нем процессы, выбирая различные конструкции крепей, меняя параметры установки крепи во времени и пространстве. Одним из условий эффективной и безопасной работы при проведении подготовительных выработок на шахтах Карагандинского бассейна является обеспечение их устойчивости при минимальном расходе крепежных материалов. Исследования также показали, что крепи, выполненные из тяжелых профилей специального проката (арочная крепь), на больших глубинах, в условиях значительного напряженного состояния горного массива не в полной мере обеспечивают необходимую устойчивость и безремонтное поддержание выработок. Их возведение является плохо поддающимся механизации трудоемким процессом. Материалоемкость крепей снижает технико-экономические показатели проходки и в значительной степени сдерживает темпы проведения выработок.

**Ключевые слова:** горно-геологические условия разработки, технология, проведение горных выработок, крепление горных выработок, способы и средства крепления, угольные шахты.

**Для цитирования:** Оценка способов поддержания горных выработок на основе применения анкерной крепи на шахтах Карагандинского угольного бассейна / А.А. Зейнуллин, Е.А. Абеуов, В.Ф. Демин и др. // Уголь. 2021. № 2. С. 4-9. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-2-4-9.

## ОСНОВНАЯ ИДЕЯ РАБОТЫ

Идея работы заключается в оценке устойчивости породных обнажений в выработках. В связи с распространением в Карагандинском бассейне технологии анкерного крепления сократились расходы на крепление, объемы транспортировки материалов, повысились безопасность работ, эффективность использования сечения выработок, упростились концевые операции на сопряжениях лав с примыкающими выработками.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведены исследования технологических проведенных выработок с учетом развития горных работ. Как правило, на производственных шахтах применяется арочная металлическая крепь из спецпрофиля. Устанавливают такую крепь через 1,0-0,5 м (редко через 0,25 м), что обеспечивает отпор от 20 до 50-70 кН/м<sup>2</sup>.

Как показывает практика, такой реакции крепи совершенно недостаточно для эффективного поддержания выработок в сложных условиях. На ряде шахт применяется дополнительная крепь: типа УКР, продольные профили, гидростойки или стойки трения [1, 2].

## ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Выбор типа и параметров крепи производится в зависимости от назначения выработки, горно-геологических и горнотехнических условий ее заложения.

Исследование напряженного состояния приконтурного массива вокруг выемочных выработок зависит от влияния горно-технологических факторов и эффективности применения комбинированных крепей. При этом определяющими факторами являются устойчивость породного обнажения и характер развития деформационных процессов приконтурного массива, вызванных проведением выработки.

Решение проблемы крепления выработок в сложных условиях возможно за счет создания нового типа крепей с несущей способностью вплоть до величин, существенно влияющих на развитие геомеханических процессов вблизи выработки, формирования системы «крепь – массив» с контролируемыми и управляемыми параметрами для максимального сохранения несущей способности приконтурных пород [3, 4].

Применение анкерной крепи на глубоких горизонтах шахт позволило в 1,5–2 раза уменьшить расход металлопроката, бетона, леса; на 50% повысить производитель-

ность работ при креплении выработок; на 30–40% повысить темпы проходки; сократить затраты на крепление и поддержание крепи в рабочем состоянии во время эксплуатации [5, 6, 7].

В таблице представлены технологические факторы применения анкерной крепи.

Технологические схемы проведения и крепления горных выработок во многом зависят от сложности горно-геологических условий разработки и возникающих горнотехнических факторов.

В процессе эксплуатации горной выработки присутствуют различные опасные факторы, проявляющиеся в виде [8, 9, 10]:

- зона ПГД от выше- или нижележащего пласта, что обуславливает возможные осложняющие влияния в виде усиления давления на крепь, образования куполов, обрыва и отслоения кровли и боков выработки, ухода груди забоя, усиления выделения газа метана;

- опасная зона у геологоразведочной скважины, что влечет местное ослабление пород, усиление притока воды;

- наличие мелких непрогнозируемых нарушений, что может повлечь вероятность образования куполов, обрывы и отслоения кровли, уходы груди забоя, возможно, изменение гипсометрии пласта, замещение части угля породой.

Технология проведения выработки с применением металлоарочной податливой, комбинированной и анкерной крепей в Карагандинском угольном бассейне представлена на рис. 1, 2, 3.

Ввиду того, что в процессе эксплуатации выработки встречаются нарушенные и неустойчивые зоны горных вмещающих приконтурных пород применяются паспорта проведения выработок с комбинированным креплением (см. рис. 2).

В настоящее время горные работы на шахтах угольного департамента ведутся на глубине 600-800 м. При этом устойчивость выработок зависит от таких факторов, как характеристики вмещающих пород, вид и плотность крепления, места заложения выработок и их ориентация в массиве к действующим напряжениям [10, 11].

Породы кровли в проводимых выработках имеют невысокую прочность и при обнажении более одного метра обрушаются, а также склонны к размоканию и пучению. В тектоническом отношении разрабатываемые пласты относятся к сложным. Широкое внедрение технологических схем бесцеликовой выемки пластов обусловило высокие затраты на поддержание выработок, необхо-

Технологические факторы применения анкерной крепи

Горно-технологические факторы	Германия		Великобритания	Австралия	США	Карагандинский бассейн
Длина анкера по углю, м	2,5-3,05		2,2	1,9-2,1	1,6-1,9	2,4
Длина анкера по породе, м	2,1-2,4		2,1-2,4	1,5-2,4	2,1-2,4	2,4 (2,9)
Расчетная несущая способность, кН (в зависимости от материала)	360-540		310	220-320	150-220	250
Форма сечения горной выработки	Арочная	Прямоугольная	Прямоугольная	Прямоугольная	Прямоугольная	Прямоугольная
Плотность установки анкеров на 1 м <sup>2</sup> , шт.:						
– кровля	1-2	1,4-2,2	1,1-3,0	0,5-0,7	0,4-0,7	1,0-1,5
– бока	0,6-1,9	0,5-1,2	0,3-0,9	0,11-0,23	0,09-0,15	0,6-0,7

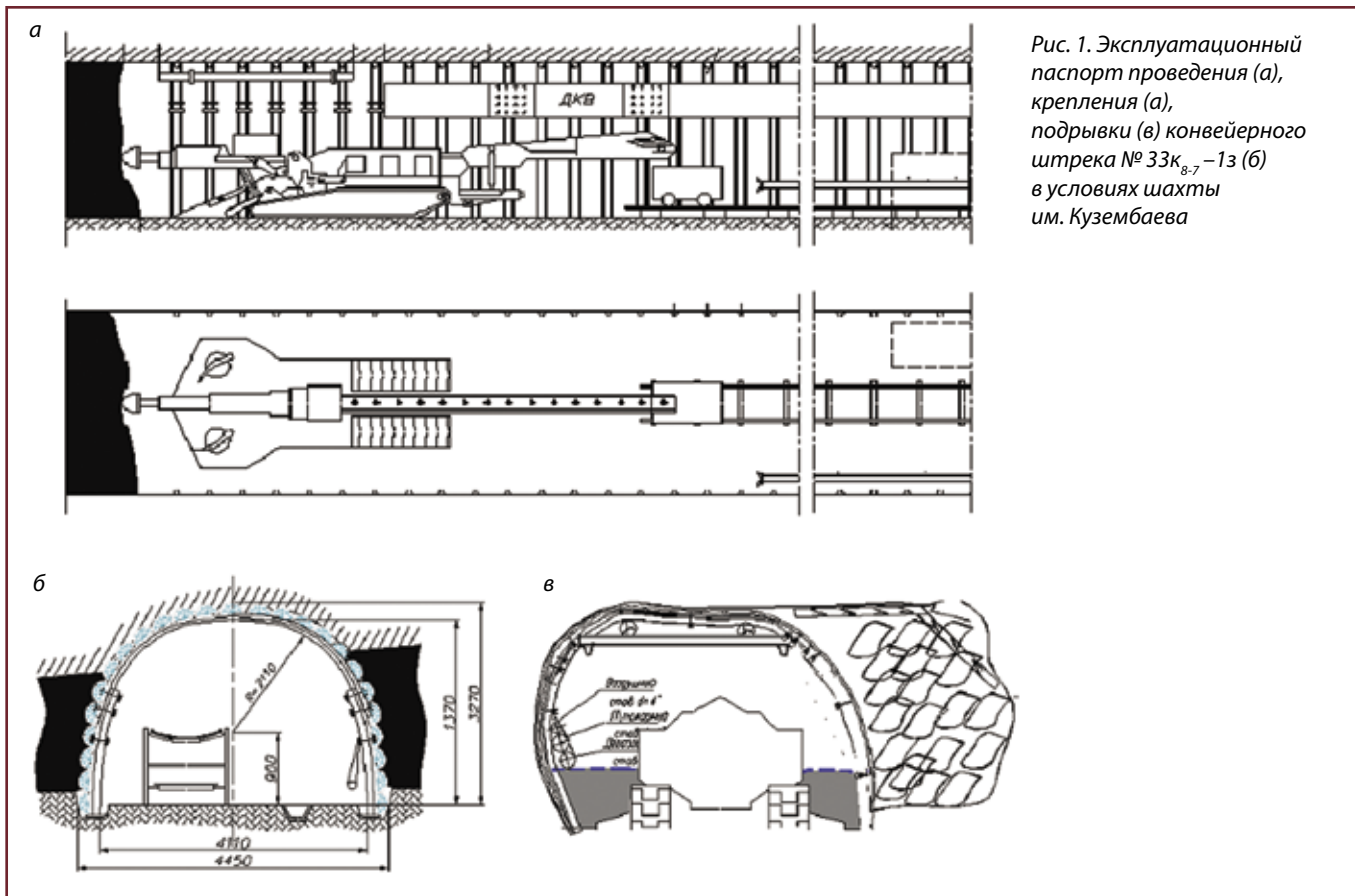


Рис. 1. Эксплуатационный паспорт проведения (а), крепления (а), подрывки (в) конвейерного штрека № 33к<sub>8.7</sub>-13 (б) в условиях шахты им. Кузембаева

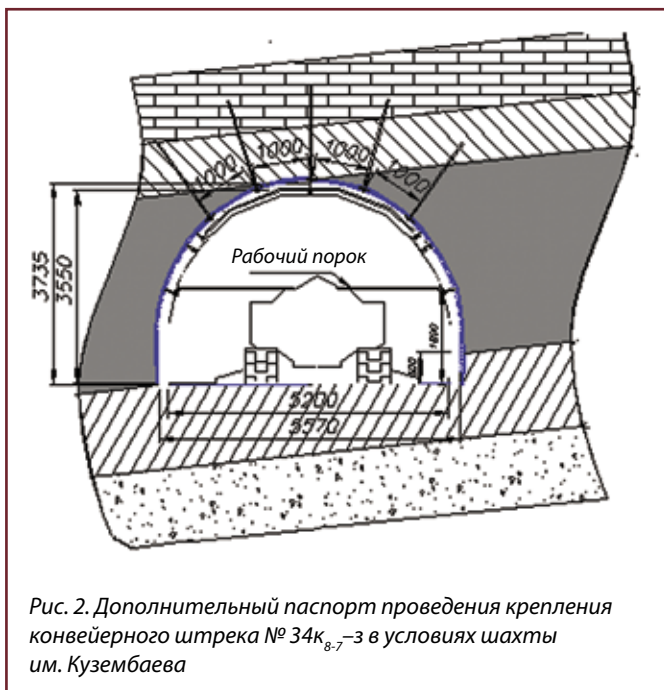


Рис. 2. Дополнительный паспорт проведения крепления конвейерного штрека № 34к<sub>8.7</sub>-3 в условиях шахты им. Кузембаева

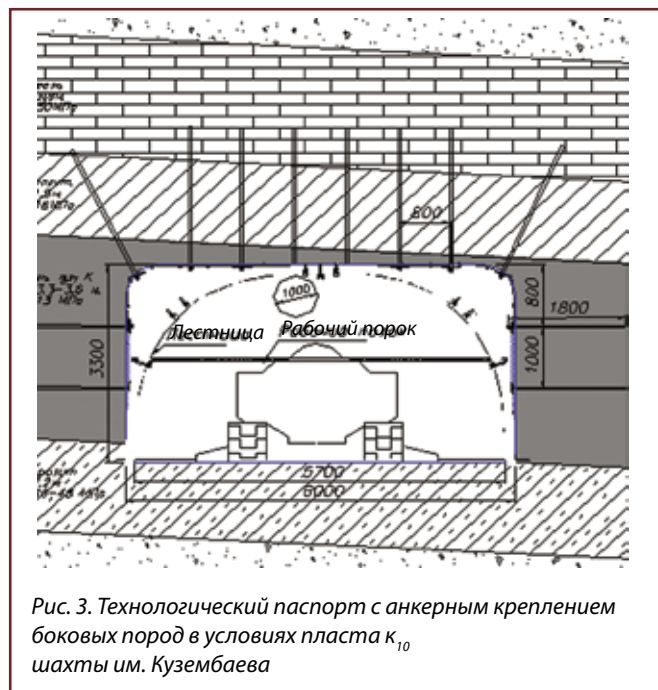


Рис. 3. Технологический паспорт с анкерным креплением боковых пород в условиях пласта к<sub>10</sub> шахты им. Кузембаева

димось проведения выработок вприсечку к выработанному пространству.

Металлическая арочная податливая крепь является ограждающей и служит для удержания отслаивающихся масс горных пород. Даже при тщательной забутовке применяемая в подготовительных выработках рамная крепь не всегда может предотвратить расслоение пород и деформацию кровли.

Применение анкерного крепления обеспечивает иное геомеханическое состояние выработок, так как при этом отсутствует расслоение пород в кровле и снижается опорное давление на почву выработки за счет местных напряжений, создаваемых рамной крепью, и уменьшается пучение почвы в выработке [12,13].

Вопрос устойчивости горных выработок при возрастании горного давления и увеличении напряженно-



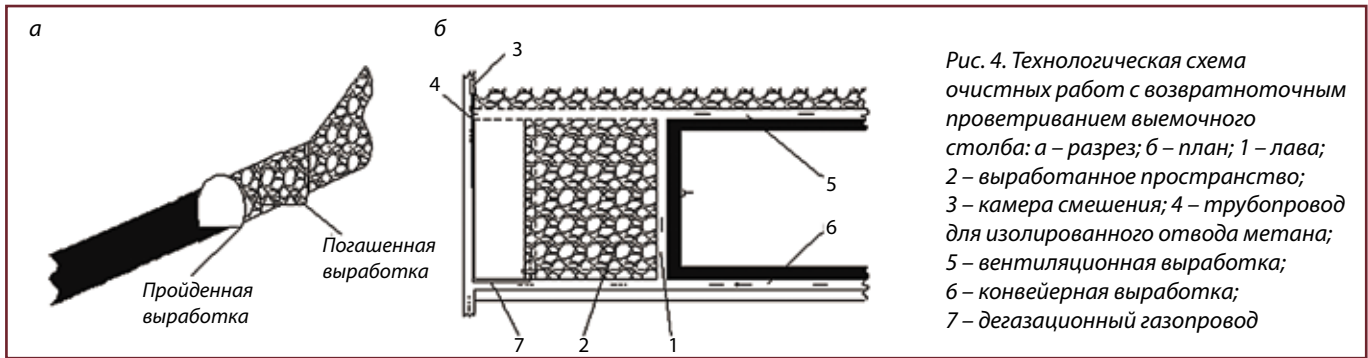


Рис. 4. Технологическая схема очистных работ с возвратным проветриванием выемочного столба: а – разрез; б – план; 1 – лава; 2 – выработанное пространство; 3 – камера смешения; 4 – трубопровод для изолированного отвода метана; 5 – вентиляционная выработка; 6 – конвейерная выработка; 7 – дегазационный газопровод

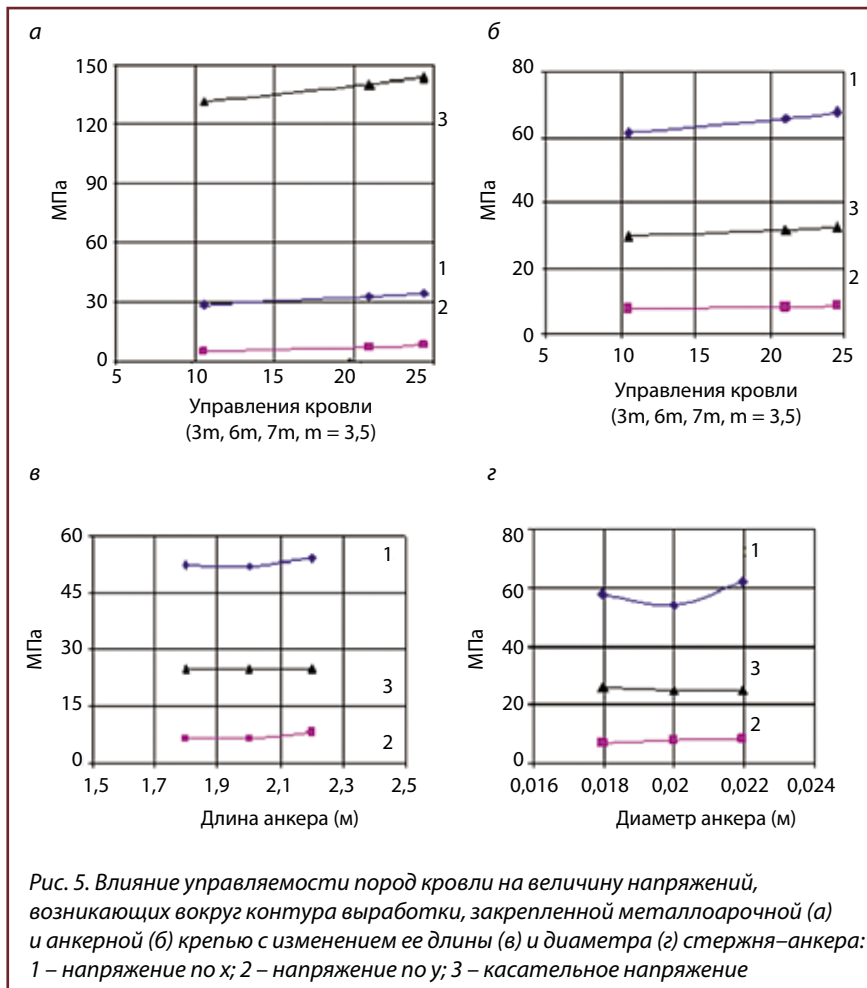


Рис. 5. Влияние управляемости пород кровли на величину напряжений, возникающих вокруг контура выработки, закрепленной металлоарочной (а) и анкерной (б) крепью с изменением ее длины (в) и диаметра (г) стержня-анкера: 1 – напряжение по х; 2 – напряжение по у; 3 – касательное напряжение

деформированного состояния массива имеет прикладное значение в современных условиях при росте глубины работ и усложнении горно-геологических условий разработки.

Существуют геомеханические отличия поведения массива горных пород в выработках, закрепленных рамной и анкерной крепью. Установленная в выработке рамная крепь (например, из спецпрофиля) оказывает влияние на смещение, но не влияет на физические свойства массива. Штанговая крепь изменяет прочностные характеристики вмещающих пород, увеличивая сцепление слоев при их стягивании и заполнении шпуров связующим материалом и является активной при перераспределении напряжений вокруг выработки, играя ту же роль, что и коэффициент бокового отпора.

Важной задачей является определение напряженно-деформированного состояния массива с учетом влияю-

щих факторов на устойчивость контуров горной выработки. В качестве расчетной схемы выбрана прямоугольная плоскость, находящаяся в плоскодеформированном состоянии и разбивающаяся сеткой треугольных элементов с соответствующими граничными условиями.

Исследовались проявления горного давления с установлением степени влияния технологических факторов при использовании метода конечных элементов. Проведено моделирование технологической схемы очистных работ с возвратным проветриванием для условий пласта  $k_{10}$  шахты им. Костенко при длине лавы 200 м до ее прохода с использованием анкерной крепи (рис. 4).

Вентиляционная выработка, закрепленная анкерами со стороны выработанного пространства вышележащего столба задавлена действующими растягивающими напряжениями со стороны пород кровли ( $\sigma_y = 5,0$  МПа) и поддутием почвы ( $\sigma_y = 5,3$  МПа). При этом выработка со стороны лавы сохраняет относительную устойчивость при сжимающих напряжениях  $\sigma_y = 43-90$  МПа. Вертикальные смещения ( $U_y$ ) в кровле выработки составляют 1 м, в боках – 0,7-0,8 м, в почве – 0,6 м.

Проведено моделирование НДС приконтурного массива горных пород вокруг выработки с изменением длины и диаметра анкерной крепи. Изучено влияние длины анкера на характер изменения напряжений в массиве. На касательные напряжения длина анкера (в диапазоне 1,8-2,4 м) не оказывает существенного влияния, а вертикальные и продольные напряжения растут по не ярко выраженной зависимости с увеличением длины анкера.

Исследования показали, что с изменением диаметра анкера в диапазоне (0,02-0,024 м) вертикальные и продольные напряжения растут, а касательные напряжения уменьшаются близко к линейной зависимости.

Установлено, что в обоих случаях с ростом длины анкера (с 1,8 до 2,4 м) и его диаметра (0,02-0,024 м) более значительны продольные напряжения (55-60 Па) с тенденцией их повышения. Касательные напряжения практически

неизменны (25 Па) в рассматриваемом диапазоне, а нормальные напряжения незначительно растут по линейной зависимости (от 5 до 10 Па) (рис. 5).

### ВЫВОДЫ

Выявленные закономерности изменения напряженно-деформированного состояния угля породных массивов (смещений, напряжений, зон трещинообразования) в зависимости от основных горно-геологических и горнотехнических факторов позволяют в конкретных условиях эксплуатации устанавливать параметры крепления для повышения устойчивости подготовительных горных выработок.

### Список литературы

1. Зубов В.П. Ресурсосберегающие технологии подземной разработки пластовых месторождений // Горный журнал. 2017. № 4. С. 95-97.
2. Zubov V.P., Nikiforov A.V. Features of Development of Superimposed Coal Seams in Zones of Disjunctive Geological Disturbance // International Journal of Applied Engineering Research. 2017. Vol. 12. N 5. P. 765-768.
3. Установление параметров анкерного крепления в зависимости от горно-технологических условий эксплуатации выработок / С.Б. Алиев, В.Ф. Демин, В.В. Яворский и др. // Уголь. 2013. № 1. С. 69-72.
4. Каратаев А.Д., Демин В.Ф., Стефлюк Ю.Ю. Оценка влияния горно-технологических факторов и схемы работы анкера на эффективность применения анкерного крепления в выемочных выработках // Труды КарГТУ. 2014. № 1. С. 43-46.
5. Демин В.Ф., Немова Н.А. Оценка устойчивости капитальных и подготовительных выработок при создании технологических схем // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2019. Т. 6. № 1. С. 68-73.
6. Zubov V.P., Nikiforov A.V., Kovalsky E.R. Influence of geological faults on planning mining operations in contiguous seams // Ecology, Environment and Conservation. 2017. N 23 (2). P. 1176-1180.
7. Development of effective ways with the heaving of soil rocks in the preparatory workings of coal mines / V.F. Demin, V.V. Yavorsky, T.V. Demina et al. // Mining Journal. 2018. N 4. P. 56-60.
8. Evaluation of the effectiveness of the technological schemes use for mine workings to increase the stability of their contours / V.F. Demin, T.V. Demina, A.S. Kaynazarov et al. // Sustainable Development of Mountain Territories. 2018. Vol. 10. N 4. P. 606-617.
9. Stabilization of the ore quality in the underground development of Zhezkazganskoye deposit / A.S. Kaynazarov, A.Zh. Akpanbetova, A.S. Kaynazarova et al. // Sustainable Development of Mountain Territories. 2018. N 2 (36). P. 169-176.
10. Argument for a rational technology of filling operations at the Sekisovskoye deposit / L.A. Krupnik, Yu.N. Shaposhnik, V.F. Demin et al. // Physical and technical problems of mining. 2015. N 3. P. 72-81.
11. Развитие деформаций в почве при установке приповерхностной анкерной крепи / А.С. Кайназаров, А.С. Кайназарова, А.Ш. Калмаганбетова и др. // Промышленность Казахстана. 2019. № 2 (106). С. 74-77.
12. Управление геомеханическими процессами для повышения устойчивости углепородного массива / В.Ф. Демин, Н.А. Немова, Т.В. Демина и др. // Научный вестник НГУ. 2016. № 2. С. 5-10.
13. Исследования по выбору эффективных средств и способов крепления горных выработок / В.Ф. Демин, С.Б. Алиев, А.С. Кайназарова и др. // Горный журнал Казахстана. 2019. № 10. С. 18-22.

Original Paper

UNDERGROUND MINING

UDC 622.26:622.281.742:622.33.012.2(574) © A.A. Zeynullin, E.A. Abeuov, V.F. Demin, S.B. Aliev, A.S. Kaynazarova, A.S. Kaynazarov, 2021  
ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2021, № 2, pp. 4-9  
DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2021-2-4-9>

### Title

**ESTIMATION OF WAYS TO MAINTAIN MINING WORKS BASED ON THE APPLICATION OF ANCHOR ANCHORING IN THE MINES OF THE KARAGANDA COAL BASIN**

### Authors

Zeynullin A.A.<sup>1</sup>, Abeuov E.A.<sup>2</sup>, Demin V.F.<sup>2</sup>, Aliev S.B.<sup>3</sup>, Kaynazarova A.S.<sup>2</sup>, Kaynazarov A.S.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Kazakhstan National Academy of Natural Sciences, Nur-Sultan, 010000, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup> Karaganda Technical University, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan

<sup>3</sup> Research Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences (IPKON RAS), Moscow, 111020, Russian Federation

<sup>4</sup> Ekibastuz Engineering and Technical Institute named after the Academician K. Satpayev, Ekibastuz, 141208, Republic of Kazakhstan

### Authors' Information

**Zeynullin A.A.**, Doctor of Engineering Sciences, Vice-President, Chief Scientific Secretary, e-mail: karim\_57@mail.ru

**Abeuov E.A.**, PhD (Engineering) of Mineral deposit development department, e-mail: erkebulan69@mail.ru

**Demin V.F.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor of Mineral deposit development department, e-mail: vladfdemin@mail.ru

**Aliev S.B.**, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences Republic of Kazakhstan, Senior Researcher, e-mail: alsamat@gmail.com

**Kaynazarova A.S.**, Master of Engineering Sciences, PhD Doctoral student, Lecturer of Mineral deposit development department, e-mail: k.inash.c@mail.ru

**Kaynazarov A.S.**, PhD (Engineering), Head of Mining department, e-mail: armanayn@mail.ru

### Abstract

The paper discusses the experience of operating deep mines shows that one of the problems that needs to be addressed is to ensure the stability of mine workings. As a result of the study of the state of mine workings in mines with a significant depth of mining operations, it indicates that more than 20% of their total length is in an unsatisfactory state. More than 10% of underground workers are engaged in repair work. When reinforcing one kilometer of workings, more than 70 tons of metal are consumed. Support plays an important role in maintaining the workings. The technology of securing mine workings is a set of techniques and operations for the construction of engineering structures

designed to ensure a stable state of underground structures throughout their entire service life. Considering that the support of mine workings affects the course of geomechanical processes in the rock mass containing the workings, it is possible to purposefully influence the processes occurring in it by installing the support structures at different distances from the working face and at certain intervals after the creation of the rock outcrop.

One of the conditions for effective and safe work during the preparatory workings in the mines of the Karaganda basin is to ensure their stability with a minimum consumption of fastening materials. Support made of heavy special rolled profiles (arch support), in conditions of significant stress state of the rock mass, do not provide the necessary stability and maintenance-free maintenance of workings. Their construction is a laborious process that is difficult to mechanize. The material consumption of the supports reduces the technical and economic indicators of penetration and, to a large extent, restrains the pace of excavation.

#### Keywords

Mining and geological conditions of development, Influencing factors, Technology, Carrying out, Fastening, Methods and means of fastening, Mine workings, Coal mines.

#### References

- Zubov V.P. Resource-saving technologies for underground development of seam deposits. *Gornyi Zhurnal*, 2017, (4), pp. 95-97. (In Russ.).
- Zubov V.P. & Nikiforov A.V. Features of Development of Superimposed Coal Seams in Zones of Disjunctive Geological Disturbance. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2017, 12(5), pp. 765-768.
- Aliev S.B., Demin V.F., Yavorsky V.V. & Demina T.V. Establishment of the parameters of anchorage depending on the mining and technological conditions of operation of workings. *Ugol'*, 2013, (1), pp. 69-72. (In Russ.).
- Karataev A.D., Demin V.F. & Steflyuk Yu.Yu. Assessment of the influence of mining and technological factors and anchor operation scheme on the effectiveness of the use of anchor fastening in excavation workings. *Proceedings of the KarSTU*, 2014, (1), pp. 43-46. (In Russ.).
- Demin V.F. & Nemova N.A. Assessment of the stability of capital and development workings when creating technological schemes. *Fundamental and applied questions of mining sciences*, 2019, 6(1), pp. 68-73. (In Russ.).
- Zubov V.P., Nikiforov A.V. & Kovalsky E.R. Influence of geological faults on planning mining operations in contiguous seams. *Ecology, Environment and Conservation*, 2017, 23(2), pp. 1176-1180.
- Demin V.F., Yavorsky V.V., Demina T.V. & Tomilov A.N. Development of effective ways with the heaving of soil rocks in the preparatory workings of coal mines. *Mining Journal*, 2018, (4), pp. 56-60.
- Demin V.F., Demina T.V., Kaynazarov A.S. & Kaynazarova A.S. Evaluation of the effectiveness of the technological schemes use for mine workings to increase the stability of their contours. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2018, 10(4), pp. 606-617.
- Kaynazarov A.S., Akpanbetova A.Zh., Kaynazarova A.S. et al. Stabilization of the ore quality in the underground development of Zhezkazganskoye deposit. *Sustainable Development of Mountain Territories*, 2018, 2(36), pp. 169-176.
- Krupnik L.A., Shaposhnik Yu.N., Demin V.F. et al. Argument for a rational technology of filling operations at the Sekisovskoye deposit. *Physical and technical problems of mining*, 2015, (3), pp. 72-81.
- Kaynazarov A.S., Kaynazarova A.S., Kulmaganbetova A.Sh. et al. Development of deformations in the soil during the installation of subsoil roof bolting. *Industry of Kazakhstan*, 2019, (2), pp. 74-77.
- Demin V.F., Nemova N.A., Demina T.V. et al. Management of geomechanical processes to increase the stability of the coal-bearing massif. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 2016 (2), pp. 5-10. (Ukraine).
- Demin V.F., Aliev S.B., Kaynazarova A.S. & Kaynazarov A.S. Research on the selection of effective means and methods of securing mine workings. *Mining Journal of Kazakhstan*, 2019, (10), pp. 18-22.

#### For citation

Zeynullin A.A., Abeuov E.A., Demin V.F., Aliev S.B., Kaynazarova A.S. & Kaynazarov A.S. Estimation of ways to maintain mining works based on the application of anchor anchoring in the mines of the Karaganda coal basin. *Ugol'*, 2021, (2), pp. 4-9. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-2-4-9.

#### Paper info

Received November 12, 2020

Reviewed December 1, 2020

Accepted January 12, 2021