

УДК 622.268.12:622.28 © М.С. Филимонов¹, Е.В. Аушев²,
В.А. Карасев², 2025

UDC 622.268.12:622.28 © M.S. Filimonov¹, E.V. Aushev²,
V.A. Karasev², 2025

¹ ООО «Ранк 2», 650000, г. Кемерово, Россия

¹ Rank 2 LLC, Kemerovo, 650000, Russian Federation

² ООО НИЦ-ИПГП «РАНК», 650000, г. Кемерово, Россия

² RANK Research Center-Institute for Designing Mining Operations LLC,
Kemerovo, 650000, Russian Federation

✉ e-mail: aushevev@rank42.ru

✉ e-mail: aushevev@rank42.ru

Особенности работы анкерной крепи в зависимости от податливости и предварительного натяжения

Features of the anchorage depending on the pliability and pretension

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-47-52>

В статье рассмотрены вопросы работоспособности, эффективности взаимодействия канатной анкерной крепи с массивом в зависимости от конструктивных особенностей. Предложена классификация канатных анкерных крепей по конструктивной податливости. Рекомендована рациональная область применения канатной анкерной крепи в зависимости от режима взаимодействия с углепородным массивом.

Ключевые слова: горная выработка, горная крепь, анкерная крепь, канатный анкер, канатный анкер с предварительным натяжением, обрушение горных пород.

Для цитирования: Филимонов М.С., Аушев Е.В., Карасев В.А. Особенности работы анкерной крепи в зависимости от податливости и предварительного натяжения // Уголь. 2025;(4):47-52. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-47-52.

Abstract

The article discusses the issues of operability and efficacy of interaction between cable bolts support and the rock mass, depending on their design features, have been analyzed. The classification of cable bolts support based on structural compliance has been proposed. A rational scope of application for cable bolt supports has been recommended, depending on the interaction regime with the coal-rock mass.

Keywords

Underground workings, ground support, cable bolt support, pretensioned cable bolt, rock fall.

For citation

Filimonov M.S., Aushev E.V., Karasev V.A. Features of the anchorage depending on the pliability and pretension. *Ugol'*. 2025;(4):47-52. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-47-52.

ФИЛИМОНОВ М.С.

Технический директор ООО «РАНК 2»,
650000, г. Кемерово, Россия

АУШЕВ Е.В.

Заместитель технического директора
по научной работе и инновациям
ООО НИЦ-ИПГП «РАНК»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: aushevev@rank42.ru

КАРАСЕВ В.А.

Ведущий специалист по инновационному
развитию ООО НИЦ-ИПГП «РАНК»,
650000, г. Кемерово, Россия,
e-mail: ipgp@rank42.ru

ВВЕДЕНИЕ

Сооружение, безремонтное поддержание, безаварийная работа подземных горных выработок являются неотъемлемыми составляющими стабильной работы предприятий при эксплуатации месторождений полезных ископаемых подземным способом и подземных объектов различного назначения.

Затраты при непосредственном сооружении подземных горных выработок являются наиболее значимой статьёй расходов, удельный вес которых составляет до 70% общих затрат.

На основе анализа статистики причин аварий в угольных шахтах, происходящих в подготовительных выработках, проводимых по полезному ископаемому и связанных с обрушением угля и вмещающих горных пород, они от общего числа аварий, по оценкам разных источников, составляют от 14 до 28%.

Производственные аварии, вызванные обрушениями угля и вмещающих горных пород, остаются одними из наиболее тяжелых по характеру своего травмирующего воздействия на человека и на общую деятельность горнодобывающего предприятия.

В связи с тем, что аварийность при подземной угледобыче продолжает оставаться на высоком уровне, в практике горного дела с целью снижения аварийной опасности производства необходимо уделять особое внимание качеству в технологии проведения и крепления горных выработок. На сегодняшний день анкерная крепь является самой применяемой крепью на угольных шахтах России. И вполне очевидно, учитывая большое разнообразие и высокую изменчивость горно-геологических условий, что еще остаются возможности совершенствования и создания альтернативных вариантов анкерной крепи на основе изучения ее взаимодействия с углепородным массивом [1].

Несмотря на конструктивное разнообразие разработанных и применяемых анкерных крепей, основополагающим фактором, определяющим ее эффективность, и, как следствие, популярность, является то, что данная крепь работает не самостоятельно, а дополняет и улучшает прочностные свойства окружающего углепородного массива, активно с ним взаимодействуя [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Взаимодействие анкерной крепи с углепородным массивом происходит с момента ее установки, а конструктивные особенности крепи определяют то, насколько интенсивным является это взаимодействие.

Несмотря на то, что в технологии анкерного крепления был достигнут большой прогресс, типовая анкерная крепь не всегда удовлетворительно показывает себя при большой глубине и в сложных условиях. В связи с этим выделяют несколько основных проблем:

- невозможность создания контролируемого осевого натяжения для поджатия элементов поверхностной крепи к кровле вследствие несовершенства геометрических параметров литых и прокатных резьбовых соединений и изменчивости коэффициента трения под внешними факторами (коррозия и загрязнение);

- пренебрежение важностью характеристик элементов поверхностной крепи (шайб, затяжки, подхватов) и их ответственности условиям эксплуатации;

- корректность выбора длины, плотности, способа закрепления и роли крепи усиления при взаимодействии с массивом горных пород. Не всегда высокая плотность анкерования увеличивает качество крепления, но повышает материалоемкость и стоимость крепи.

Например, в 2023 г. канатная анкерная крепь с предварительным натяжением АК01-30ПН проходила испытания в условиях ООО «Шахта «Осинниковская» и шахты «Северная» АО «Ургалуголь» и была рекомендована для усиления пород кровли выработок в сложных горно-геологических условиях, на сопряжениях, для доставки оборудования и материалов, передвижения людей, в монтажных камерах, в местах образования отслоений, пустот и трещиноватости по кровле в зонах повышенного горного давления. Получены положительное заключение о соответствии крепи заявленным характеристикам и рекомендации по креплению.

На основании многолетнего опыта компании «ПАНК 2» в вопросах проектирования, производства и внедрения анкерной крепи на предприятиях горнодобывающей отрасли [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20] авторами предлагается применяемую на практике канатную анкерную крепь разделить на три условные группы (на примере канатных анкеров глубокого заложения):

- первая группа – податливая (рис. 1);
- вторая группа – со сниженной податливостью (рис. 2);
- третья группа – с предварительным натяжением (рис. 3).

Рассмотрим развитие деформаций в приконтурном массиве проводимых и закрепляемых горных выработок и взаимодействие с ним различных групп анкерной крепи [2, 3].

При использовании анкерной крепи первой группы (податливая анкерная крепь), обладающей изначально невысокой конструктивной жесткостью и выраженной податливостью элементов анкерной крепи, может происходить образование деформаций в сложных горно-геологических условиях (рис. 4).

На первом этапе, после извлечения горной массы, происходит разгрузка горного массива, в результате чего развиваются упругие и пластические деформации, приводящие к провисанию кровли и развитию начальной трещиноватости.

На втором этапе, во время установки анкерной крепи, горный массив не подвергается изменениям, так как предварительное натяжение незначительно и неконтролируемо, но массив стабилизируется, дальнейшему развитию деформаций препятствует анкерная крепь.

На третьем этапе, во время эксплуатации горной выработки, при достижении определенного уровня нагрузок происходит деформация приконтурного массива, обусловленная конструктивной податливостью элементов анкерной крепи (растяжение и распрямление жил каната, выбирание зазоров между элементами крепи, деформация элементов поверхностной крепи и т.д.).

Анкерная крепь второй группы (анкерная крепь со сниженной податливостью) обладает повышенной начальной жесткостью и предназначена противостоять образованию

AK01, AK08

21 т – 32 т



Рис. 1. Податливая канатная анкерная крепь
Fig. 1. Cable bolt with structural compliance

**AK01-21H
AK01-21H(м)
AK01-30H(м)**

21 т – 32 т



Рис. 2. Канатная анкерная крепь со сниженной податливостью
Fig. 2. Reduced-compliance cable bolt

AK01-30HПН

32 т



Рис. 3. Канатная анкерная крепь с предварительным натяжением
Fig. 3. Pretensioned cable bolt

расслоений и трещин приконтурного массива горных выработок. Податливость анкера снижена за счет использования в конструкции каната прямых жил и отсутствия свивки пряди, изменений в конструкции заделки муфты. А использование метрической резьбы на муфте анкера позволяет создать более высокое и контролируемое натяжение при установке анкера.

Снижение податливости анкерной крепи сокращает величину смещений и деформаций, что позволяет обеспечить оптимальное состояние горной выработки в сложных горно-геологических условиях (рис. 5).

На первом и втором этапах поведение приконтурного массива горных выработок и взаимодействие крепи схожи с использованием податливой анкерной крепи. На третьем этапе (при эксплуатации горной выработки), при достижении определенного уровня нагрузок, деформация приконтурного массива происходит в ограниченных пределах за счет более высокой жесткости и меньшей податливости элементов анкерной крепи и меньшего растяжения грузонесущего стержня анкера.

Третья группа анкерной крепи (с предварительным натяжением) отличается возможностью создания значительного контролируемого предварительного натяжения. Данная крепь позволяет обеспечить наилучшее состояние горной выработки в сложных горно-геологических условиях, а в отдельных случаях – сократить объем крепления за счет более эффективного использования материалов. Этапы взаимодействия предварительно натяженной анкерной крепи с приконтурным массивом приведены на рис. 6.

На первом этапе (после извлечения горной массы при проведении выработки) происходит разгрузка



Рис. 4. Динамика конвергенции выработки и взаимодействие крепи с приконтурным массивом при креплении податливой анкерной крепью

Fig. 4. Dynamics of excavation convergence and the interaction of the support with the near-contour rock mass when using a compliant rock bolt support

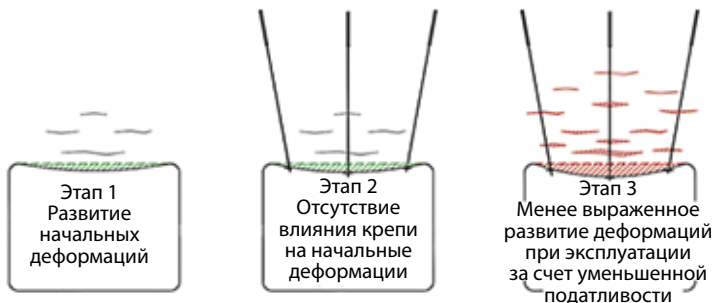


Рис. 5. Динамика конвергенции выработки и взаимодействие крепи с приконтурным массивом при креплении анкерной крепью со сниженной податливостью

Fig. 5. Dynamics of excavation convergence and the interaction of the support with the near-contour rock mass when using a reduced-compliance rock bolt support

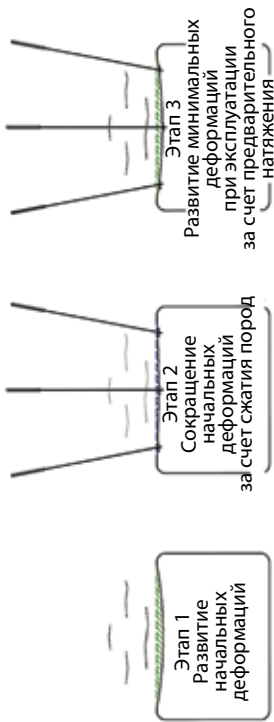


Рис. 6. Динамика конвергенции выработки и взаимодействие крепи с приконтурным массивом при креплении анкерной крепью с предварительным натяжением
 Fig. 6. Dynamics of excavation convergence and the interaction of the support with the near-contour rock mass when using a pretensioned rock bolt

Сравнение показателей анкерных систем

Comparison of rock bolt system performance indicators

Группа, тип анкерной системы	I группа, анкерная система с классическим канатным анкером	II группа, анкерная система с канатным анкером со сниженной податливостью	III группа, анкерная система с предварительно натяженным канатным анкером
Конструктивная податливость анкера, Δ , мм	$(10-15)+0,013L$, где L – длина анкера	$0,003L$, где L – длина анкера	0
Предварительное натяжение при установке	Незначительное (из-за низкого коэффициента передачи затяжки гайки в осевое усилие)	Контролируемое, до 20 кН	Есть, от 50 кН до 200 кН (натяжение тела анкера)
Податливость анкерной системы	– растяжение каната и смещения каната в муфте; – смещения в зазорах между элементами крепи; – неплотное прилегание поверхностной крепи к контуру выработки; – деформация поверхностной крепи; – деформации демпферных элементов	– растяжение грузонесущего стержня; – неплотное прилегание поверхностной крепи к контуру выработки; – деформация поверхностной крепи; – деформации демпферных элементов	– отсутствует, в связи с предварительным натяжением, за исключением деформации демпферных элементов при критической нагрузке
Режим взаимодействия с массивом горных пород	«Мягкая» реакция на развитие деформаций в массиве и плавный переход в жесткое взаимодействие после реализации податливости	«Жесткое» взаимодействие с массивом с момента установки, податливость незначительная	«Активное» взаимодействие с массивом с момента установки за счет передачи усилия натяжения в массив, сжимающие напряжения уравниваются растягивающие
Преимущества и улучшение технологических показателей	Дупрочнение канатными анкерами кровли выработок посредством подвески неустойчивой части кровли к устойчивой	Осуществление более качественной затяжки и снижение уровня эксплуатационных деформаций	Создание жесткой конструкции «анкер-массив» с большей нагрузочной способностью. Увеличение эффективности поддержания горных выработок
Рациональная область применения	Усиление крепи горных выработок в зоне влияния очистных работ и широких горных выработок (сопряжений)	Усиление крепи горных выработок в зоне влияния очистных работ и широких горных выработок (сопряжений). Применение аккерной крепи в слабых горных породах. Использование в качестве крепи первого уровня	Усиление крепи горных выработок в зоне влияния очистных работ и широких горных выработок (сопряжений) в сложных горно-геологических условиях и на больших глубинах. Выполнение ремонтных работ для стабилизации аварийных участков выработок. Крепление выработок без анкеров первого уровня

горного массива, в результате чего развиваются упругие и пластические деформации, приводящие к провисанию кровли и развитию начальной трещиноватости в приконтурном массиве.

На втором этапе (во время установки анкерной крепи), при предварительном натяжении анкерной крепи и создании сжимающих напряжений в массиве, происходят ликвидация начальных деформаций и уменьшение (закрытие) трещин, что повышает жесткость горного массива. Предварительное натяжение обеспечивает плотный контакт поверхностной крепи с контуром горной выработки и сокращает податливость, а созданные сжимающие напряжения при эксплуатации выработки будут уравновешивать растягивающие.

На третьем *этапе* (при эксплуатации горной выработки), анкерная крепь оказывает активное сопротивление развитию деформаций с момента установки, высокий уровень жесткости и отсутствие податливости обеспечивают минимальный уровень развития деформаций (смещений). Помимо этого, за счет предварительного натяжения крепь глубокого заложения действует не только в режиме подвешивания, но и в режиме формирования мощной высокопрочной балки. Сравнение показателей применяемых анкерных систем приведено в *таблице*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение канатной анкерной крепи с предварительным натяжением в сравнении с классическими канатными анкерами и канатными анкерами со сниженной податливостью позволяет [15, 16, 17, 18, 19, 20]:

- закрыть возникшие трещины (полностью или частично), что создает возможность для перераспределения напряжений;
- повысить трение на контактах фрагментов горных пород, что эквивалентно увеличению качества массива;
- повысить начальную жесткость системы «анкер-массив», что снижает степень и скорость развития деформаций массива;
- уменьшить смещения на 70-90% в аналогичных условиях;
- при увеличении размера выработки эффект от наличия предварительного натяжения становится выше;
- предварительное натяжение канатных анкеров кровли приводит к скреплению блоков горного массива в своего рода пакет, который менее подвержен деформации.

Разделение анкерной крепи на группы по характеру взаимодействия с массивом, в частности анкеров глубокого заложения, позволяет формировать более обоснованный и эффективный подход к проектированию крепи горных выработок:

- учитывать конструктивные особенности канатных анкеров и применять их для соответствующих горно-геологических условий и решений конкретных горнотехнических задач;
- расширить область применения канатной анкерной крепи, в том числе при комбинированном креплении и различных способах закрепления и стабилизации углепородного массива в сложных горно-геологических условиях;

- повысить эффективность применения канатных анкеров в зонах влияния очистных работ, на сопряжениях горных выработок;

- пересмотреть подход к выполнению восстановительных работ на аварийных участках горных выработок, приняв во внимание более высокую эффективность анкерной крепи с предварительным натяжением в части стабилизации массива;

- повысить безопасность, эффективность и комфортность ведения горных работ;

- снизить затраты на крепь и трудоемкость ее монтажа в сравнении с другими видами крепи.

Ввиду сравнительно малого опыта применения преднатяженной анкерной крепи на горных предприятиях Российской Федерации требуются проведение дополнительных испытаний в различных горно-геологических условиях и исследование влияния предварительного натяжения на эффективность и работоспособность крепи с последующей разработкой универсальной методики расчета и обоснованием схем крепления и величины предварительного натяжения.

Список литературы • References

1. Еременко В.А., Разумов Е.А., Заятдинов Д.Ф. Современные технологии анкерного крепления // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2012. № 12. С. 38-45.
Eremenko V.A., Razumov E.A., Zayatdinov D.F. Modern anchorage technologies. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2012;(12):38-45. (In Russ.).
2. Исследование деформированного состояния приконтурного углепородного массива вокруг горной выработки с анкерным креплением / В.Ф. Демин, В.С. Портнов, Т.В. Демина и др. // Уголь. 2019. № 7. С. 72–77. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-72-77.
Demin V.F., Portnov V.S., Demina T.V., Zhumabekova A.E. Studying stress-strain state of border carbon massif around mine working with roof bolting. *Ugol'*. 2019;(7):72-77. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2019-7-72-77.
3. Корчак А.В, Мороз А.И. Экспериментальные исследования эффективности активной анкерной крепи кровли выработки в раздельно-зернистой породе // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2011. № 2.
Korchak A.V., Moroz A.I. Experimental studies of the effectiveness of active anchoring of the roof of a mine in a separate granular rock. *Gornyj informatsionno-analiticheskij byulleten'*. 2011;(2). (In Russ.).
4. Литвинский Г.Г. Горная крепь: эволюция развития и критерии технической эффективности // Сборник научных трудов ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ». 2019. № 15. С. 5-18.
Litvinsky G.G. Mine support: evolution of development and criteria of technical efficiency. *Sbornik nauchnykh trudov DonSTU*. 2019;(15): 5-18. (In Russ.).
5. Напряженно-деформированное состояние приконтурного углепородного массива / В.Ф. Демин, Д.С. Шонтаев, Т.К. Балгабеков и др. // Уголь. 2020. № 5. С. 63-67. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-5-63-67.
Demin V.F., Shontayev D.S., Balgabekov T.K., Shontayev A.D., Kongkybayeva A.N. Stressed-deformed state of the boundary-carbon array. *Ugol'*. 2020;(5):63-67. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-5-63-67.

6. Повышение эффективности анкерного крепления горных выработок путем применения «активных» методов управления состоянием массива горных пород / Е.А. Разумов, С.И. Калинин, В.Г. Венгер и др. // Горный журнал. 2021. № 1. С. 27-30. Razumov E.A., Kalinin S.I., Wenger V.G., Pudov E.Y. Improving the efficiency of anchoring of mine workings by applying "active" methods of controlling the condition of the rock mass. *Gornyj zhurnal*. 2021;(1):27-30. (In Russ.).
7. Технология применения податливых анкеров при смешанном креплении в эксплуатационных выработках / В.Ф. Демин, Е.А. Абеуов, Д.Р. Ахматнуров и др. Уголь. 2025. № 2. С. 100-105. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-2-100-105. Demin V.F., Abeuov E.A., Akhmatnurov D.R., Musin R.A., Zamiliev N.M. Technology for the use of malleable anchors with mixed bonding in operational workings. *Ugol'*. 2025;(2):100-105. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-2-100-105.
8. David Bigby, Ken Hurt, Chris Reynolds, Robert Brown. Evaluation of tensioned and non-tensioned long tendon reinforcement in UK deep mining conditions. *Prepared by Rock Mechanics Technology Limited for the Health and Safety Executive*. 2010.
9. Esterhuizen G.S., Tulu I.B. Analysis of alternatives for using cable bolts as primare support at two lowseam coal mines. Conference Record – International Journal Of Mining Science And Technolodgy. 2016:23-30.
10. Kang Hong-pu, Lin Jian, Wu Yong-zheng. Development of high pretensioned and intensive supporting system and its application in coal mine roadways. The 6th International Conference on Mining Science & Technology. *Procedia Earth and Planetary Science* 1. 2009:479-485.
11. Shreedharan S., Kulatilake P.H.S.W. Discontinuum – equiwalent continuum analysis of the stability of tunnels in a deep coal mine using the distinet element method. *Rock Mehanics And Rock Engineering*. Springer Verlag Wien. 2016;49(5):1903–1922.
12. Vahid Hosseinoutodeshki, Sasan Fazeli. The effect of pretensioning in the rockbolts on the displacement around tunnels. *JNAS Journal*. 2014;3(1):78-83.
13. Zbigniew Rakl, Jerzy Cieślki, Jerzy Stasical, Pavel Dvořák. The importance of pre-tensioning cable bolts used to reinforce of arch yielding support. AG 2018. 4th International Conference on Applied Geophysics.
14. Канатный анкер АК01: предварительно пройденные демонтажные камеры / Е.А. Разумов, Ф.А. Анисимов, Г.В. Райко и др. // Уголь. 2011. № 7. С. 20-22. <https://ugolinfo.ru/Free/072011.pdf>. Razumov E.A., Anisimov F.A., Raiko G.V., Grechishkin P.V. Anchor AK01: preliminary passed dismantling chambers. *Ugol'*. 2011;(7):20-22. <https://ugolinfo.ru/Free/072011.pdf>. (In Russ.).
15. Лысенко М.В., Аушев Е.В., Дорохин Н.С. Поддержание широких горных выработок и сопряжений двухуровневой анкерной крепью // Горная механика и машиностроение. 2021. № 2. С. 5-12. Lysenko M.V., Aushev E.V., Dorokhin N.S. Maintenance of wide mine workings and connections with two-level anchoring. *Gornaya mekhanika i mashinostroenie*. 2021;(2):5-12. (In Russ.).
16. Канатный анкер АК 01: крепление подвешной монорельсовой дороги / М.В. Лысенко, А.В. Самок, Г.В. Райко и др. // Уголь. 2011. № 6. С. 47-49. <https://ugolinfo.ru/Free/062011.pdf>. Lysenko M.V., Samok A.V., Raiko G.V., Grechishkin P.V. Anchor AK01: fastening of pendant monorail road. *Ugol'*. 2011;(6):47-49. <https://ugolinfo.ru/Free/062011.pdf>. (In Russ.).
17. Опыт усиления крепи подземных горных выработок неподатливыми канатными анкерами АК01-21Н в сложных горно-геологических условиях/ А.А. Дудин, Н.А. Ефимушкин, А.С. Соколов и др. // Уголь. 2021. № 1. С. 11-13. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-1-11-13. Dudin A.A., Efimushkin N.A., Sokolov A.S., Pundel A.A., Yurkov A.A., Matveev A.S., Vachrushev E.V., Zlobin S.E., Shihanov E.A. Experience in reinforcement of underground mine support with the AK01-21H intractable rope bolts in complex mining and geological conditions. *Ugol'*. 2021;(1):11-13. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-1-11-13.
18. Особенности деформирования вмещающих пород подземных горных выработок в неоднородном поле геотектонических напряжений на примере пласта В12 шахты «Северная» АО «Ургалуголь» / Г.Л. Феофанов, Е.В. Аушев, В.Н. Фрянов и др. // Уголь. 2017. № 3. С. 16-20. DOI: 10.18796/0041-5790-2017-3-16-20. Feofanov G.L., Aushev E.V., Fryanov V.N., Lysenko M.V., Aikin A.V. Specific features of underground mining host rocks deformation in non-uniform geotectonic stress field with reference to "Urgalugol", JSC, "Severnaya" mine, B12 coal bed. *Ugol'*. 2017;(3):16-20. (In Russ.).
19. Райко Г.В., Гречишкин П.В. Бесфундаментный монтаж станций конвейеров в подземных горных выработках с применением анкерной крепи // Маркшейдерия и недропользование. 2012. № 4. С. 26-27. Raiko G.V., Grechishkin P.V. Foundation-free installation of conveyor stations in underground mining operations using anchoring. *Markshejderiya i nedropol'zovanie*. 2012;(4):26-27. (In Russ.).
20. Самок А.В., Райко Г.В., Гречишкин П.В. Канатный анкер АК 01: широкие выработки и их сопряжения // Уголь. 2011. № 5. С. 80-82. Samok A.V., Raiko G.V., Grechishkin P.V. Rope anchor AK 01: wide developments and their interfaces. *Ugol'*. 2011;(5):80-82. <https://ugolinfo.ru/Free/052011.pdf>. (In Russ.).

Authors Information

Filimonov M.S. – Technical Director, Rank 2 LLC, Kemerovo, 650000, Russian Federation

Aushev E.V. – Deputy Technical Director on Research and Innovations, RANK Research Center-Institute for Designing Mining Operations LLC, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: aushevev@rank42.ru

Karasev V.A. – Leading Specialist for Innovative Development, RANK Research Center-Institute for Designing Mining Operations LLC, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: ipgp@rank42.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 14.02.2025

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

Paper info

Received February 14, 2025

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025