

ПРИМЕНЕНИЕ ДВУХУРОВНЕВОЙ АНКЕРНОЙ КРЕПИ В ВЫЕМОЧНЫХ ВЫРАБОТКАХ НА БОЛЬШИХ ГЛУБИНАХ

Б. Б. Луганцев¹, А. И. Чавкин¹, Ю. В. Турук², Е. А. Гревцева², Н. Б. Афонина²

¹Общество с ограниченной ответственностью «Шахтинский научно-исследовательский и проектно-конструкторский угольный институт» (ООО «ШахтНИИУИ»), г. Шахты, Российская Федерация

²Шахтинский институт (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова», г. Шахты, Российская Федерация

Аннотация: Приведены исследования работы двухуровневой анкерной крепи на шахтах российского Донбасса в выемочных выработках, сохраняемых для повторного использования. Установлено, что на больших глубинах (более 600 м) несмотря на существенное превышение (в 1,5–3,0 раза) требуемого в соответствии с «Инструкцией по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах» сопротивления крепи усиления, паспорта с применением двухуровневой схемы анкерного крепления зачастую не обеспечивают допустимых смещений пород кровли.

Причины этого заключаются в некорректности распространения опыта применения двухуровневых анкерных схем крепления выемочных выработок на шахтах Кузбасса и основанных на нем алгоритмов расчета, содержащихся в указанной «Инструкции...», на шахтах российского Донбасса.

На эффективность поддержания выемочных выработок на границе с выработанным пространством при двухуровневой схеме анкерного крепления оказывают существенное влияние прочность и монолитность пород кровли, в которых производится закрепление втулок канатных анкеров.

Для обеспечения эффективного применения двухуровневой анкерной крепи на больших глубинах необходимо выполнить научно-исследовательские работы по корректировке алгоритма определения параметров этой крепи для шахт российского Донбасса, а также добавить в «Инструкцию...» требования о закреплении втулок канатных анкеров на всю длину в прочных монолитных породах кровли и проведении ежедневных наблюдений за состоянием крепи и смещениями пород кровли выработок для обеспечения возможности своевременного принятия решений по усилению крепи.

Ключевые слова: двухуровневая анкерная крепь, инструкция по применению анкерной крепи, глубина ведения работ, смещения кровли, сопротивление крепи

Для цитирования: Применение двухуровневой анкерной крепи в выемочных выработках на больших глубинах / Б. Б. Луганцев, А. И. Чавкин, Ю. В. Турук [и др.]. *Маркшейдерия и недропользование*. 2024. №5. С. 89–94. https://doi.org/10.56195/20793332_2024_5_89_94.

THE USE OF TWO-LEVEL ANCHORAGE IN EXCAVATION WORKINGS AT GREAT DEPTHS

B. B. Lugancev¹, A. I. Chavkin¹, J. V. Turuk², E. A. Grevtseva², N. B. Afonina²

¹Limited Liability Company «Shakhty Research and design and engineering Coal Institute» (LLC «Shakhtniui»),
Shakhty, Russian Federation

²Shakhty Institute (branch) Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platov», Russian Federation

Abstract: The article presents studies of the operation of two-level anchorage in the mines of the Russian Donbass in excavation workings preserved for reuse. It was found that at great depths (more than 600 m), despite a significant excess (1.5–3.0 times) of the reinforcement resistance required in accordance with the «Instructions for calculating the use of anchorage in coal mines», passports using a two-level anchorage scheme often do not provide acceptable displacements of roof rocks.

The reasons for this are the incorrectness of spreading the experience of using two-level anchor schemes for fixing excavation workings in the Kuzbass mines and calculation algorithms based on it, contained in the specified Instruction, to the mines of the Russian Donbass.

To ensure the effective use of two-level anchorage at great depths, it is necessary to carry out research work on correcting the algorithm for determining the parameters of this support for the mines of the Russian Don Bass, as well as add to the Instructions the requirements

for fixing the bushings of rope anchors for the entire length in durable monolithic roof rocks and conducting daily observations of the condition of the support and displacements of the roof rocks of the workings to ensure the possibility of timely decision-makings on strengthening the support.

Keywords: Two-Level Roof Bolting, Instruction for the Use of Anchorage, Depth of Work, Displacement of the Roof, Resistance of the Support

For citation: Lugancev B. B., Chavkin A. I., Turuk J. V., et. al. The use of two-level anchorage in excavation workings at great depths. *Mine Surveying and Subsurface Use*. 2024;(5):89-94. (In Russ.). https://doi.org/10.56195/20793332_2024_5_89_94.

Введение

На шахтах Российской Федерации и за рубежом применяется двухуровневая схема анкерного крепления выемочных выработок, сохраняемых для повторного использования на границе с выработанным пространством [1–5].

Использование двухуровневой анкерной крепи в ряде случаев позволяет отказаться от применения механизированной крепи сопряжения, снизить сопротивление стоечной крепи усиления и охранных конструкций вплоть до отказа от них [6–9], что нашло отражение в «Инструкции по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах России» (далее по тексту – Инструкция) [10]. Но на шахтах Российского Донбасса она не получила широкого распространения.

Опыт использования двухуровневой схемы анкерного крепления выемочных выработок на шахтах российского Донбасса

На одной из шахт прошли испытания трех паспортов крепления выемочных штреков, сохраняемых для повторного использования на границе с выработанным пространством, с применением двухуровневой анкерной крепи.

К анкерной сталеполлимерной крепи, установленной при проведении выработки по шесть анкеров в ряд с шагом 0,9 м, в зоне влияния очистных работ добавлялись:

– в паспорте 1 – три канатных анкера типа АК01-25 длиной 6,0 м, устанавливаемых с шагом 1,8 м, и два ряда металлических стоек трения из СВП27 с замками ЗПК, устанавливаемых с шагом 0,90 м;

– в паспорте 2 – четыре канатных анкера типа АКШН длиной 6,0 м, устанавливаемых с шагом 1,8 м, два ряда металлических стоек из СВП27 с замками ЗПК, устанавливаемых с шагом 0,90 м и один ряд с шагом 1,8 м;

– в паспорте 3 – четыре канатных анкера АКШН длиной 6,0 м с повышенной плотностью установки (с шагом 0,9 м) и три ряда металлических стоек из СВП27 с замками ЗПК, устанавливаемых с шагом 0,90 м.

Испытания проводились в штреке, пройденном по пласту k_2 со смешанной подрывкой, на глубине 630 м. Мощность пласта составляла 0,95–1,53 м, угол падения – 12–16°.

Непосредственная кровля пласта представлена песчано-глинистыми и песчаными сланцами с прочностью на сжатие 50–70 МПа и общей мощностью от 4,4 до 21,8 м. В основной кровле залегает песчаник мощностью от 1,8 до 3,5 м и прочностью на одноосное сжатие 100–120 МПа.

Опытные участки, закрепленные в соответствии с описанными паспортами, располагались рядом друг с другом в похожих горно-геологических условиях. Результаты испытаний приведены в таблице.

Основным критерием эффективности применения паспорта крепления выемочного штрека являются смещения пород кровли по центру выработки. Согласно Инструкции, смещения пород кровли в выработках, подверженных влиянию очистных работ, за весь срок их эксплуатации не должны превышать 300 мм.

Таблица / Table

Результаты испытаний паспортов крепления выемочных штреков / Test results of the mounting passports of the dredging drifts

Паспорт / Passport	Фактическое сопротивление крепи усиления, кН/м / The Actual resistance of the strengthening the support, kN/m			Необходимое сопротивление стоек крепи усиления по Инструкции, кН/м / The required resistance of the reinforcement struts according to the Instruction, kN/m	Смещения пород кровли, мм / Displacement of roof rocks, mm
	канатной анкерной / cable anchor	металлической стоечной / metal drop	суммарное / total		
1	350	556	906	580	552
2	458	694	1 152	580	345
3	916	833	1 749	580	287

На рисунке приведены графики смещений пород кровли на участках испытания вышеуказанных паспортов крепления.

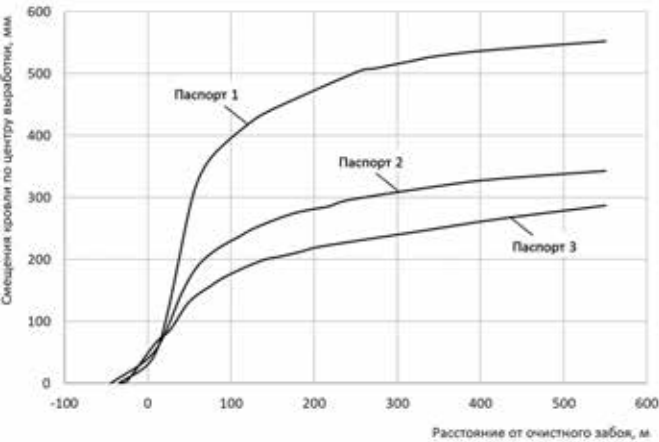


Рис. Графики смещений пород кровли на участках испытания паспортов крепления выемочных штреков с применением двухуровневой схемы анкерного крепления

Fig. Graphs of displacements of roof rocks at the test sites for mounting passports of dredging drifts using a two-level anchorage scheme

Только при применении третьего паспорта крепления смещения пород кровли за линией первого очистного забоя не превысили 300 мм (287 мм). Но за весь срок эксплуатации выработки суммарные смещения пород кровли при применении этого паспорта превысят 300 мм.

По результатам испытаний шахта отказалась применять двухуровневую анкерную крепь для сохранения выемочных выработок, поддерживаемых для повторного использования на границе с выработанным пространством.

Пункт 37 Приложения 1 Инструкции в случае приме-

нения двухуровневой анкерной крепи не предусматривает установки стоек усиления в зонах опорного давления первой и второй лав. В описываемых испытаниях помимо двухуровневой анкерной крепи во всех паспортах использовались металлические составные стойки. Сопротивление стоек крепи усиления было сопоставимо или даже превышало сопротивление крепи усиления, требуемое при одноуровневой анкерной крепи.

Тем не менее, несмотря на существенное (в 1,5–3,0 раза) превышение требуемого в соответствии с Инструкцией сопротивления крепи усиления, испытанные паспорта с применением двухуровневой схемы анкерного крепления не обеспечили допустимых смещений пород кровли.

Причины этого заключаются в некорректности распространения опыта применения двухуровневых анкерных схем крепления выемочных выработок на шахтах Кузбасса и основанных на нем алгоритмов расчета, содержащихся в Инструкции, на шахты российского Донбасса. В связи с этим необходимо выполнить научно-исследовательские работы по корректировке алгоритма определения параметров двухуровневой анкерной крепи для шахт российского Донбасса.

В процессе исследований было установлено, что на эффективность поддержания выемочных выработок на границе с выработанным пространством при двухуровневой схеме анкерного крепления оказывают существенное влияние прочность и монолитность пород кровли, в которых производилось закрепление втулок канатных анкеров. К таким же выводам пришли и другие исследователи [11–19].

На участках испытаний с повышенными смещениями пород кровли втулки анкеров закреплялись в слоистых сланцевых породах. На участке испытаний с наименьшими смещениями пород кровли втулки анкеров закреплялись на длине 0,5–1,1 м в песчанке основной кровли.

При определении необходимой длины канатных анкеров в действующей Инструкции длина закрепления анкера выше свода естественного равновесия принимается равной 0,8–1,0 м. Между тем минимальная длина закрепляющих втулок современных канатных анкеров составляет не менее 1,1 м для анкеров с расчетной несущей способностью 210 и 250 кН и не менее 1,5 м для анкеров с расчетной несущей способностью 320 кН.

При таком несоответствии занижается расчетная длина анкера, что может являться одной из причин их неэффективной работы.

Для конвейерного штрека одной из шахт российского Донбасса, расположенного на глубине 770–780 м, уточнение горно-геологических условий было выполнено специалистами из Кузбасса по одной скважине диаметром 60 мм и длиной 5,35 м. На основании полученных данных были выполнены расчеты по Инструкции и разработаны рекомендации по креплению и охране штрека с установкой канатных анкеров длиной 6 м, а за линией очистного забоя и деревянных стоек диаметром 25 см.

При расчете анкерной крепи мощность непосредственной кровли выработки, представленной песчано-глинистыми и глинистыми сланцами, была принята равной 4,63 м. Выше залегал прочный и монолитный песчаник основной кровли, в котором закреплялись втулки канатных анкеров длиной 6,0 м (длина втулок – 1,1 м). Расчетное значение высоты свода естественного равновесия составило 4,64 м,

то есть практически совпало с мощностью пород непосредственной кровли.

На участке первичной отработки лавы длиной 200 м от монтажной камеры мощность непосредственной кровли оказалась намного больше расчетной и превышала длину канатных анкеров. Смещения пород кровли на этом участке превысили допустимые значения в среднем в два раза и имели максимальное значение в 1 160 мм [20]. Выработка на этом участке оказалась непригодной не только для эксплуатации, но и для перекрепления, что нанесло значительный экономический ущерб шахте.

При дальнейшем подвигании лавы мощность пород непосредственной кровли снизилась до расчетных значений, и двухуровневая анкерная крепь с рекомендованными параметрами работала успешно.

Исходя из вышеизложенного можно утверждать, что одним из условий применения канатных анкеров в выемочных выработках на больших глубинах ведения горных работ является закрепление втулок на всю длину в прочных и монолитных породах кровли.

Помимо этого, существует проблема определения достоверных значений высоты свода естественного равновесия. Эмпирическая формула ее определения учитывает: прочность пород, наличие плоскостей ослабления в породах кровли, обводненность пород, влияние очистных работ, ширину выработки, но не учитывает глубину ведения горных работ.

При отклонениях значений горно-геологических факторов от принятых для расчета высота свода естественного равновесия может существенно изменяться, что не учитывается при принятии для расчета анкерной крепи некоторого «усредненного» значения горно-геологических факторов для выработки или ее участка значительной длины. Это обстоятельство становится причиной недостаточности длины канатных анкеров на отдельных участках выработок.

Пункт 19 Инструкции при отсутствии геологических данных о свойствах вмещающих пород предусматривает разработку документации крепления на основе данных, полученных при бурении разведочных скважин в кровлю горной выработки и отбора керна для определения типа ее кровли, прочности, мощности, слоистости и трещиноватости пород. Это достаточно непростая задача, требующая наличия специального оборудования и квалифицированного персонала. На практике такие задачи решаются, как правило, работниками специализированных научно-технических организаций.

Но даже это не обеспечит достоверного определения горно-геологических условий по всей длине выемочной выработки, особенно в части наличия и количества слабых контактов в кровле выработки, расстояния от контура кровли выработки до прочных пород кровли, которые могут использоваться для надежного закрепления втулок канатных анкеров. Это обусловлено тем, что изменения горно-геологических факторов зачастую носят довольно резкий характер и могут иметь место на незначительных по длине участках выработок.

Горно-геологические условия по длине выемочных выработок изменяются и порой в довольно широких пределах. Для достоверного определения горно-геологических условий по трассе выемочной выработки потребуются бурение немалого количества разведочных скважин.

**Рекомендации по обеспечению
безопасности применения
двухуровневых схем анкерного крепления
выемочных выработок**

При поддержании выемочных выработок в зоне влияния очистных работ необходимо производить ежедневные наблюдения за состоянием анкерной крепи и смещениями пород кровли с целью своевременного выявления недопустимых деформаций анкерной крепи и повышенных смещений пород кровли.

В паспорте выемочного участка должны быть предусмотрены варианты крепления выработки для зон с различным составом пород кровли.

Критерии недопустимых деформаций анкерной крепи и повышенных смещений пород кровли для каждого шахтопласта должны быть получены в результате научно-исследовательских работ.

Применение в выемочных выработках двухуровневой анкерной крепи на больших глубинах (более 600 м) возможно

только при закреплении втулок канатных анкеров на всю длину в прочных и монолитных породах.

Заключение

Для поддержания выемочных выработок на больших глубинах (более 600 м) с использованием двухуровневой анкерной крепи необходимо:

– выполнить научно-исследовательские работы по корректировке алгоритма определения параметров крепи для шахт российского Донбасса;

– заменить в формуле Инструкции для определения длины канатных анкеров длину закрепления, равную $0,8 \div 1,0$ м, на длину втулки канатного анкера;

– добавить в Инструкцию требования:

1) закреплять втулки канатных анкеров на всю длину в прочных монолитных породах кровли;

2) производить ежедневные наблюдения за состоянием крепи и смещениями пород кровли выработок для обеспечения возможности своевременного принятия решений по усилению крепи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Зейнуллин АА, Абеуов ЕА, Демин ВФ. [и др.] Оценка способов поддержания горных выработок на основе применения анкерной крепи на шахтах Карагандинского угольного бассейна. *Уголь*. 2021;(2):4–9. [Zeynullin AA, Abeuov EA, Demin VF, et al. Estimation of ways to maintain mining works based on the application of anchor anchoring in the mines of the Karaganda coal basin. *Coal*. 2021;(2):4–9 (In Russ.)]. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-2-4-9.
2. Гречишкин ПВ, Разумов ЕА, Заятдинов ДФ, Чугайнов СС. Современные технологии двухуровневого анкерного крепления: перспективы применения при отработке рудных месторождений полезных ископаемых в различных горногеологических условиях. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2016;(10):182–200. [Grechishkin PV, Razumov EA, Zayatdinov DF, et al. Modern Technologies of Two-Level Anchoring: Prospects of Application to Ore Deposit Mining in Different Mining and Geological Conditions. *Mining Informational and Analytical Bulletin*. 2016;(10):182–200 (In Russ.)].
3. Разумов ЕА, Заятдинов ДФ, Гречишкин ПВ, Позолотин АС, Грабовский ВА. Опыт поддержания широких сопряжений горных выработок с применением двухуровневой анкерной крепи в условиях шахты МУК-96. *Уголь*. 2013;(7):31–34. [Razumov EA, Zayatdinov DF, Grechishkin PV, et al. Experience of Supporting Wide Mining Junctions Using Two-Level Roof Bolting in the Conditions of MUK-96 Mine. *Coal*. 2013;(7):31–4 (In Russ.)].
4. Разумов ЕА, Гречишкин ПВ, Самок АВ, Позолотин АС. Опыт применения канатных анкеров для сохранения и повторного использования штреков угольных шахт. *Уголь*. 2012;(6):26. [Razumov EA, Grechishkin PV, Samok AV, et al. Experience of Using Rope Anchors to Maintain and Reuse Coal Mine Drifts. *Coal*. 2012;(6):26–7 (In Russ.)].
5. Qian Kun, Xin Xiao-dong, Che Yu-long. The Design and Application of Rock Bolting in Coal Mine. *Energy Procedia*. 2012;14:280–4. DOI: 10.1016/j.egypro.2011.12.930.
6. Самок АВ, Райко ГВ, Позолотин АС, Гречишкин ПВ. Канатный анкер АК01: усиление крепи штреков для работы очистного забоя без механизированной крепи сопряжения. *Уголь*. 2011;(10):9–11. [Samok AV, Raiko GV, Pozolotin AS, et al. Rope anchor AK01: strengthening system for work of a lava without mechanized system interface. *Coal*. 2011;10:9–11 (In Russ.)].
7. Еременко ВА, Разумов ЕА, Заятдинов ДФ. [и др.] Совершенствование двухуровневой технологии анкерного крепления широких сопряжений горных выработок. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2013;(5):20–29. [Eremenko VA, Razumov EA, Zayatdinov DF, et al. Improving the Two-Tier Technology Anchorage Broad Mate of Mine Workings. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2013;(5):20–30 (In Russ.)].
8. Гречишкин ПВ, Позолотин АС, Заятдинов ДФ, Шаров ВН. Оценка эффективности двухуровневого анкерного крепления сопряжений горных выработок угольных шахт. *Горный журнал*. 2015;(8):48–52. [Grechishkin PV, Pozolotin AS, Zayatdinov DF, et al. Evaluation of the Effectiveness of Two-Level Anchor Fastening of Coal Mine Workings. *Mining Journal*. 2015;(8):48–51 (In Russ.)]. DOI: 10.17580/gzh.2015.08.11.
9. Привалов АА. Обоснование параметров двухуровневой анкерной крепи для поддержания повторно используемых выработок в условиях шахт Восточного Донбасса: дис. ... канд. техн. наук. Новочеркасск, 2011. 141 с. [Privalov AA. Substantiation of the Parameters of a Two-Level Anchor Support for Maintaining Reusable Workings in the Conditions of the Mines of the Eastern Donbass: Dis. ... candidate of technical Sciences. Novocherkassk, 2011 (In Russ.)].

10. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчёту и применению анкерной крепи на угольных шахтах». Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, приказ от 19 ноября 2020 года № 448 [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573264130> (дата обращения: 26.09.2024). [Federal norms and rules in the field of industrial safety "Instructions for the calculation and use of anchor support in coal mines". Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision, Order No. 448 dated November 19, 2020. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/573264130> (In Russ.)].
11. Казанин ОИ, Сидоренко АА, Евсюкова АА, Лю Ц. Обоснование технологий поддержания выемочных выработок при отработке пологих угольных пластов на больших глубинах. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2023;(9-1):5–21. [Kazanin OI, Sidorenko AA, Evsiukova AA, et al. Justification of the longwall panel entries support technology when mining gently inclined coal seams at large depths. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2023;(9-1):5-21. DOI: 10.25018/0236_1493_2023_91_0_5 (In Russ.)].
12. Демин ВФ, Демина ТВ, Стефлюк ЮЮ. [и др.] Оценка влияния горно-технологических факторов и схемы работы анкера на эффективность применения анкерного крепления в выемочных выработках. *Труды университета*. 2014;1(54):43–46. [Karataev AD, Demin VF, Stezyuk YuYu. 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(54):43-6 (In Russ.)].
13. Мартыненко ИИ, Солуянов НО, Крапивин ВА. О взаимодействии пород кровли конвейерного штрека с анкерной крепью, установленной по двухуровневой схеме. *Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. Спец. выпуск. Совершенствование техники и технологии угодобычи*. 2006:74–76. [Martynenko II, Soluyanov NO, Krapivin VA. About Interaction of Roof Rocks of a Conveyor Drift with Anchor Support Installed on the Double-Level System. *Higher School Proceedings. North-Cauc. Region. Technical Sciences. Special Issue. Perfecting Coal Mining Equipment and Technology*. 2006:74-6 (In Russ.)].
14. Peng Wang, Nong Zhang, Qun Wei, et al. Mechanical responses of anchoring structure under triaxial cyclic loading. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2024;16(2):545-60. DOI: 10.1016/j.jrmge.2023.04.020.
15. Feng Guo, Nong Zhang, Xiaowei Feng, et al. Variations of entries and bolting technologies, a case study based on a field monitoring of a longwall face. *Engineering Geology*. 2024;331:107458. DOI: 10.1016/j.enggeo.2024.107458.
16. Yanpei An, Nong Zhang, Yiming Zhao, et al. Field and numerical investigation on roof failure and fracture control of thick coal seam roadway. *Engineering Failure Analysis*. 2021;128:2105594. DOI: 10.1016/j.engfailanal.2021.105594.
17. Syd Peng. Roof bolting and underground roof falls. *Geohazard Mechanics*. 2023; 1(1):32-7. DOI: 10.1016/j.ghm.2022.11.005.
18. Wei Wang, Yishan Pan, Yonghui Xiao, et al. Optimizing support performances of bolt reaming and anchoring in a coal drift. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*. 2024. DOI: 10.1016/j.jrmge.2023.11.030.
19. Zhang Jinpeng, Liu Limin, Liu Chuanxiao, et al. Mechanism and application of new prestressed yield bolt for controlling deep high-stress rock mass. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2022;119:104254. DOI: 10.1016/j.tust.2021.104254.
20. Луганцев ББ, Беликова НВ, Беликов ВВ, Чавкин АИ. Поддержание выработки для повторного использования в аномальной зоне повышенного горного давления. *Уголь*. 2021;(4):10–14. [Lugantsev BB, Belikova NV, Belikov VV, et al. Upkeep of the drift for reuse in an abnormal zone of high mining pressure. *Coal*. 2021;(4):10-4. (In Russ.)]. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-4-10-14.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Борис Борисович Луганцев –

профессор, доктор технических наук, председатель совета директоров, Общество с ограниченной ответственностью «Шахтинский научно-исследовательский и проектно-конструкторский угольный институт» (ООО «ШахтНИУИ»), г. Шахты, Российская Федерация

Александр Иванович Чавкин –

кандидат технических наук, заведующий лабораторией. Общество с ограниченной ответственностью «Шахтинский научно-исследовательский и проектно-конструкторский угольный институт» (ООО «ШахтНИУИ»), г. Шахты, Российская Федерация, e-mail: Shahtniui.tgr@mail.ru

Юрий Владимирович Турук –

доктор технических наук, профессор. Шахтинский институт (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова», г. Шахты, Российская Федерация

Елена Анатольевна Гревцева –

доцент, канд. экон. наук, Шахтинский институт (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова», г. Шахты, Российская Федерация

Наталья Борисовна Афонина –

доцент, канд. техн. наук, Шахтинский институт (филиал) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М. И. Платова», г. Шахты, Российская Федерация

Критерии авторства / Contribution:

Б. Б. Луганцев – существенный вклад в научно-исследовательскую работу, окончательное утверждение для публикации. А. И. Чавкин – существенный вклад в научно-исследовательскую работу, доработка и исправление рукописи. В. Д. Турук – существенный вклад в научно-исследовательскую работу, ответственность за целостность всех частей рукописи. Е. А. Гревцева – существенный вклад в научно-исследовательскую работу, доработка рукописи. Н. Б. Афонина – существенный вклад в научно-исследовательскую работу, исправление рукописи. / B. B. Lugantsev – significant contribution to research work, final approval for publication. A. I. Chavkin – significant contribution to research work, revision and correction of the manuscript. V. D. Turuk – significant contribution to research work, responsibility for the integrity of all parts of the manuscript. E. A. Grevtseva – significant contribution to scientific research, revision of the manuscript. N. B. Afonina – a significant contribution to scientific research, correction of the manuscript.

Конфликт интересов / Conflict of interest:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interest.

ABOUT THE AUTHORS

Boris B. Lugancev –

Professor, Doctor of Engineering Sciences, Chairman of the Board of directors. Limited Liability Company «Shakhty Research and design and engineering Coal Institute» (LLC «Shakhtniui»), Shakhty, Russian Federation

Alexander I. Chavkin –

Candidate of Technical Sciences, Head of the laboratory. Limited Liability Company «Shakhty Research and design and engineering Coal Institute» (LLC «Shakhtniui»), Shakhty, Russian Federation, e-mail: Shahtniui.tgr@mail.ru

Jurij V. Turuk –

Doctor of Engineering Sciences, Professor, Shakhty Institute (branch) Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platon», Shakhty, Russian Federation

Elena A. Grevtseva –

Associate Professor, Candidate of Economic Sciences, Shakhty Institute (branch) Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platon», Shakhty, Russian Federation

Natalia B. Afonina –

Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Shakhty Institute (branch) Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «South Russian State Polytechnic University (NPI) named after M. I. Platon», Shakhty, Russian Federation