



УДК 622.23.05

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРИЛЬНЫХ РАБОТ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ АНКЕРНОГО КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Ефременков А.Б.¹, Корнеев П.А.², Корнеев В.А.², Хорешок А.А.³, Маметьев Л.Е.³

¹ Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого

² Сибирский государственный индустриальный университет

³ Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева



Информация о статье

Поступила:

15 октября 2022 г.

Рецензирование:

22 ноября 2022 г.

Принята к печати:

29 ноября 2022 г.

Ключевые слова:

анкерная крепь, буровая штанга, угольная шахта, буровой резец, бурильная машина, шпур

Аннотация.

Повышение эффективности вращательного бурения шпуров под анкерную крепь может быть достигнуто посредством двух направлений: улучшения качества планирования горных работ и применения более современного горного инструмента. Использование современных высокопроизводительных бурильных машин требует применения буровых штанг, обладающих повышенной прочностью, а также обеспечивающих улучшенное удаление отбуренной горной породы из шпура. Некачественное удаление буровой мелочи влечет за собой ее переизмельчение, что способствует увеличению энергоемкости процесса бурения. В статье предложена конструкция буровой штанги с поперечным сечением в форме треугольника Рело для вращательного бурения шпуров в горных выработках угольных шахт при монтаже анкерной крепи. Проведены сравнительные исследования разработанной конструкции штанги и серийно выпускаемых штанг, на предмет определения их прочности, веса и свободного пространства для удаления буровой мелочи из шпура. Установлены математические зависимости, позволяющие производить планирование скорости ведения буровых работ при использовании гидравлических и пневматических машин с резцами трехперой конструкции.

Для цитирования: Ефременков А.Б., Корнеев П.А., Корнеев В.А., Хорешок А.А., Маметьев Л.Е. Повышение эффективности бурильных работ на угольных шахтах при осуществлении анкерного крепления горных выработок // Техника и технология горного дела. – 2022. – № 4(19). – С. 62-72. – DOI: 10.26730/2618-7434-2022-4-62-72

Российская Федерация является одним из мировых лидеров в области добычи, переработки и экспорта угля. Добыча угля ведется как открытым, так и подземным способом. Среди угледобывающих регионов России самым мощным поставщиком угля является Кузнецкий угольный бассейн, где производится более половины (56%) от всего добываемого угля России и 71% углей коксующихся марок [1]. В настоящее время на территории Кузбасса располагается 47 шахт и 31 разрез. Около 40% получаемого угля из Кузнецкого угольного бассейна потребляется в самой Кемеровской области, а 60% отправляется в другие регионы России и на экспорт [2].

Вращательное бурение является доминирующим процессом при добыче угля подземным способом [3]. Так, крепление выработанного пространства угольных шахт анкерами различных типов с использованием вращательного бурения является одним из важнейших технологических процессов при подземной добыче угля, от оперативности которого напрямую зависит прибыль горного предприятия. Анкерная крепь относится к одному из наиболее прогрессивных и экономичных видов крепи для подготовительных горных выработок, позволяя механизировать работы по возведению крепи и значительно уменьшить общую стоимость проведения и

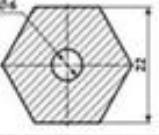
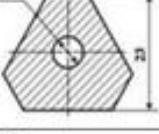
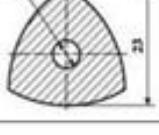
поддержания горных выработок [4, 5]. Так, на большинстве шахт Кузбасса объемы крепления горных выработок анкерным креплением в год составляет примерно 75 % от общего объема проведения горных выработок. Необходимо отметить, что на отдельных шахтах эти объемы достигают 90 % [6].

Также анкерная крепь широко применяется и на угольных шахтах разных стран [7, 8, 9].

В настоящее время отечественной и зарубежной промышленностью выпускаются штанги для вращательного бурения шпуров, одним из основных профилей поперечного сечения которых является шестигранник [10, 11, 12] (табл. 1). Поперечное сечение такого профиля должно образом не способствует эффективному удалению отбуренной горной породы из шпура.

Таблица 1. Штанги для вращательного бурения шпуров.

Table 1. Rods for rotary drilling.

№ п/п	Модель штанги	Профиль поперечного сечения буровой штанги
1.	ШБ 22-L/22-R17 [10]	
2.	ШБТ 23-L/23-M16 [10]	
3.	Штанга буровая с поперечным сечением в форме треугольника Рело [13]	

Одним из вариантов решения выше указанной проблемы является разработка конструкции буровой штанги авторами настоящей статьи, особенностью которой является использование геометрии поперечного сечения в форме треугольника Рело, что позволяет исключить точки на поперечном сечении штанги, в которых происходит концентрация напряжений, а также увеличить продольную и осевую жесткость [13, 14] штанги с сохранением приемлемого свободного пространства для удаления отбуренной горной породы (рис. 1).

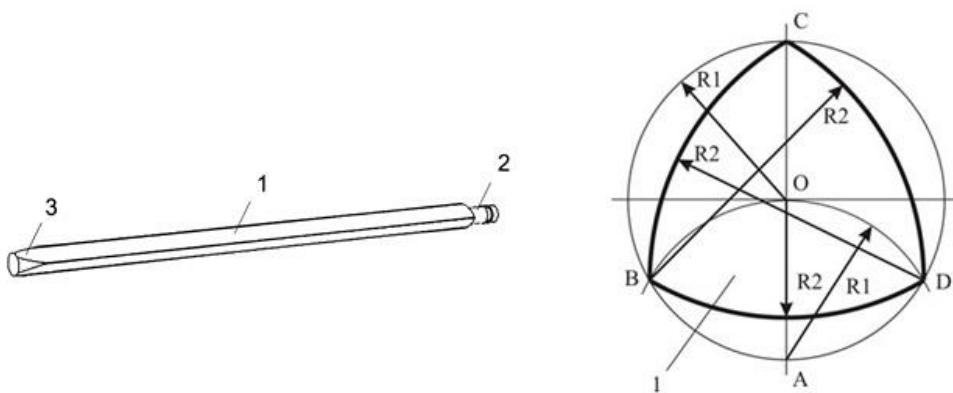


Рис. 1. Буровая штанга: а – общий вид, б – принцип построения ее поперечного сечения в форме треугольника Рело

Fig. 1. Drill rod: a – general view; b – the principle of constructing its cross-section in the form of Realeaux triangle

Буровая штанга состоит из следующих частей (рис. 1, а): 1 – тело штанги, 2 – хвостовик, 3 – замок для крепления резца.

Для оценки эффективности конструкции разработанной буровой штанги было проведено определение ее технологических характеристик методом математического моделирования в сравнении с серийным инструментом. В качестве серийных буровых штанг использовалась номенклатура инструмента, выпускаемого компанией ООО «Горный инструмент» [10]. Под технологическими параметрами в процессе исследований рассматривались прочность штанги и площадь свободного пространства для удаления отбуренной горной породы. Штанги, используемые в исследовании, представлены в таблице 1.

Моделирование выше представленных буровых штанг на предмет определения их коэффициента запаса по эквивалентным напряжениям, а также площади свободного пространства (площадь между телом штанги и поверхностью шпура), через которую происходит удаление буровой мелочи в процессе бурения шпура, было произведено с использованием компьютерной программы «T-FLEX CAD».

Коэффициент запаса по эквивалентным напряжениям позволяет оценить количественное отношение рассчитанных эквивалентных напряжений к допускаемому напряжению, которое указывается в характеристиках материала [15]. В качестве материала принималась сталь марки 60С2, используемая для изготовления буровых штанг.

На рисунке 2 представлена трехмерная модель исследуемой буровой штанги с поперечным сечением в форме треугольника Рело с воздействующими на нее в процессе работы осевым усилием F_z и крутящим моментом M_z , выполненная в системе автоматизированного проектирования «T-FLEX CAD».

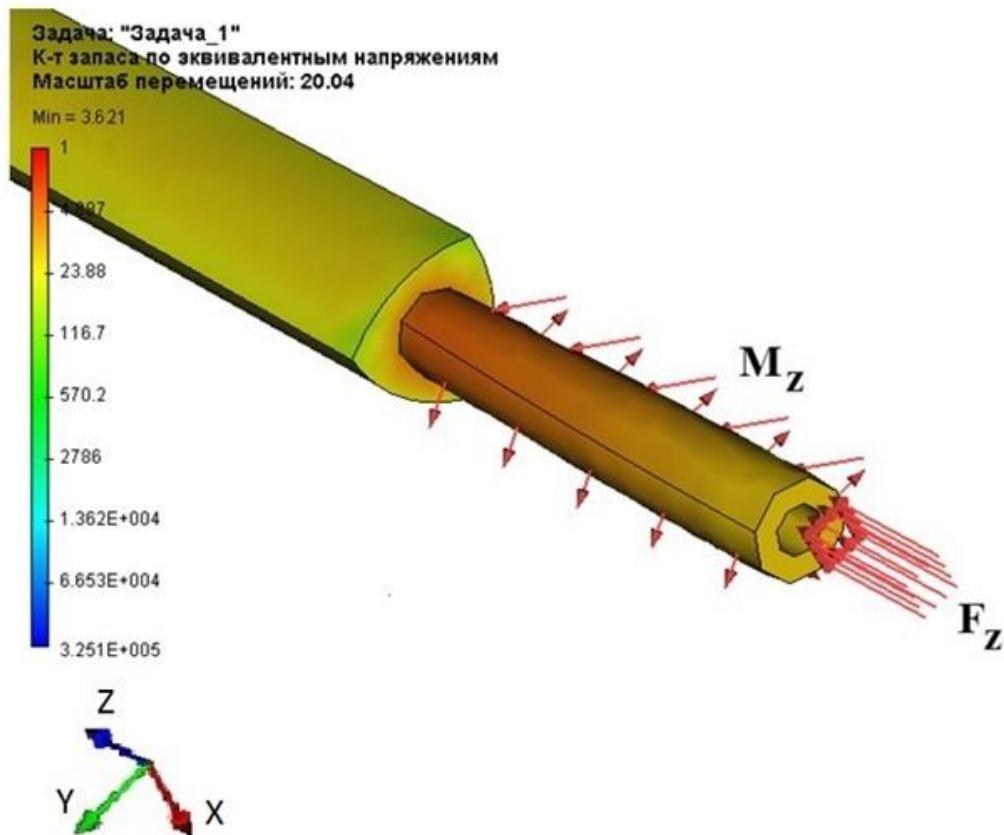


Рис. 2. Определение коэффициента запаса по эквивалентным напряжениям для буровой штанги с поперечным сечением в форме треугольника Рело

Fig. 2. Determination of the safety factor for equivalent drill rod stress with cross-section in the shape of a Reuleaux triangle



В процессе исследования использовались рабочие характеристики пневматической буровой установки «RAMBOR», предназначеннной для вращательного бурения вертикальных и наклонных шпуров в горных выработках с коэффициентом крепости пород по шкале проф. М.М. Протодьяконова $f \leq 10$ (осевое усилие $F_z = 11$ кН и крутящий момент $M_z = 251$ Н·м) [16].

Полученные эксплуатационные характеристики разработанных конструкций буровых штанг и их ближайших аналогов приведены в таблице 2, где m и S_{cb} – масса каждой из исследуемых штанг и площадь свободного пространства для отвода буровой мелочи соответственно.

Таблица 2. Характеристики конструкций штанг для вращательного бурения шпуров.

Table 2. Design characteristics of rods for rotary drilling.

№ п/п	Модель штанги	Коэффициент запаса по эквивалентным напряжениям	S_{cb} , мм ²	m , кг
1.	ШБ 22-L/22-R17	3	287,5	2,8
2.	ШБТ 23-L/23-M16	3,5	286,7	3
3.	Штанга буровая с поперечным сечением в форме треугольника Рело	3,6	321,2	2,7

Анализируя полученные данные, стоит отметить, что буровая штанга с поперечным сечением в форме треугольника Рело обладает наибольшим коэффициентом запаса по эквивалентным напряжениям и большей площадью свободного пространства для отвода буровой мелочи в сравнении со штангами ШБ 22-L/22-R17 и ШБТ 23-L/23-M16. Помимо этого, экспериментальная штанга также обладает меньшим весом среди рассмотренных серийных аналогов. Полученные результаты актуализируют внедрение в серийное производство буровой штанги с поперечным сечением в форме треугольника Рело.

Повышение эффективности анкерного крепления выработок помимо использования современного инструмента также зависит от оптимального планирования бурильных работ. Скорость бурения шпуров является одним из основных параметров, правильная оценка которого позволяет выполнять рациональный учет трудовых и временных затрат на осуществление технологического процесса.

Известно, что в настоящее время в практике горного производства наиболее массово для бурения шпуров используются резцы двухперой и трехперой конструкций. Выбор типа резца определяется крепостью горной породы и используемой бурильной машиной. Трехперые буровые резцы применяются, как правило, для работы с гидравлическими буровыми установками, обладающими значительным крутящим моментом и усилием подачи. Наличие третьего пера в конструкции таких резцов снижает нагрузку на каждое перо в отдельности.

Двухперые резцы в основном применяются с пневматическими и электрическими буровыми станками. Использование такого инструмента для работы с гидравлическими буровыми установками зачастую приводит к поломке резцов.

На рисунке 3 представлены условные обозначения параметров бурового резца: 1 – корпус резца, 2 и 3 – главные режущие кромки твердосплавной пластины, h – высота пера от рассечки (в данном случае совпада с высотой режущей пластины), М – присоединительная резьба, D – диаметр резца, α – задний угол.

При проведении исследований использовались следующие типы резцов.

Тип 1 – двухперый резец для вращательного бурения шпуров с名义альным диаметром бурения 28 мм и асимметричными режущими кромками, высотой пера от рассечки 12 мм, U – образной рассечкой 5 мм, маркой вставки ВК6В (толщина 4,5 мм), присоединительной резьбой М16, задним углом 18 градусов, передним углом 0 градусов. Резец технически острый.

Тип 2 – двухперый резец для вращательного бурения шпуров с名义альным диаметром бурения 28 мм и асимметричными режущими кромками, высотой пера от рассечки 9 мм, U –

образной рассечкой 5 мм, маркой вставки ВК6В (толщина 3 мм), присоединительной резьбой М14, задним углом 22 градуса, передним углом 0 градусов. Резец технически острый.

Тип 3 – трехперый резец для вращательного бурения шпуров с номинальным диаметром бурения 28 мм и симметричными режущими кромками, высотой пера от рассечки 11 мм, кольцевой рассечкой 4 мм, маркой вставки ВК6В (толщина 3,7 мм), присоединительной резьбой М16, задним углом 25 градусов, передним углом 0 градусов. Резец технически острый.

Распределение конструкций резцов в зависимости от типа бурильных машин и крепости разрушаемых горных пород, приведено в таблице 3.

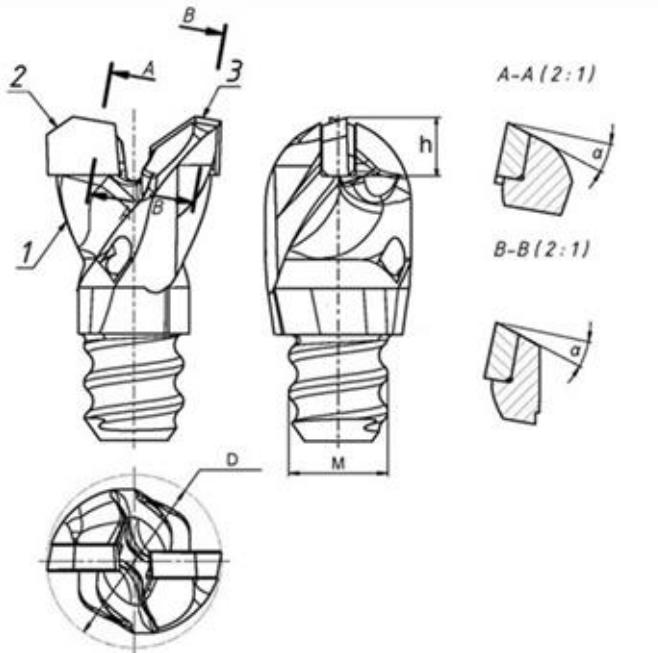


Рис. 3. Условные обозначения параметров бурового резца
Fig. 3. Drill cutter parameter legend

Таблица 3. Область применения конструкций буровых резцов.

Table 3. Scope of designs of drilling cutters.

Вид горных пород	Коэффициент крепости, f	Тип бурильной машины	
		Пневматический	Гидравлический
Уголь, f=1-3	1	Тип 1	
	2		
	3		
Алевролит, f=3-7	4	Тип 3	
	5		
	6		
	7		
Песчаник, f=6-10	8	Тип 2	
	9		
	10		

При проведении исследования было испытано по 10 образцов каждого типа инструмента. Бурение резцами Тип 1 и Тип 2 осуществлялось только на пневматической буровой установке. Бурение резцами Тип 3 производилось на установках обоих типов.



При проведении исследований в качестве пневматического бурового станка использовалась машина MQT с двигателем мощностью 1800 Вт. В качестве гидравлической бурильной машины применялся анкероустановщик Fletchcer [17], крутящий момент на буровой системе которого при проведении исследований составил 406 Н*м, а скорость вращения 560 об/мин. Таким образом, мощность, подводимая к буровому резцу, может быть найдена как:

$$N = M \cdot \omega, \quad (1)$$

где N – мощность, расходуемая на бурение, Вт; M – момент на буровой системе, Н*м; ω – скорость вращения резца, рад/с.

Известно [18], что объемная работа разрушения горных пород в процессе их бурения составит:

$$A_{об} = 6,12 \frac{N}{V \cdot S_u}, \quad (2)$$

где N – мощность, расходуемая на бурение, Вт; S_u – площадь сечения шпура, см²; V – скорость бурения, см/мин.

О.Д. Алимовым и Л.Т. Дворниковым была выявлена взаимосвязь объемной работы $A_{об}$, направленной на разрушение горной породы с коэффициентом крепости породы f [18]:

$$A_{об} = \delta \cdot f, \quad (3)$$

где δ – коэффициент пропорциональности.

Среднее значение: $\delta_{cp} = 27,44 \text{ Н}\cdot\text{м}/\text{см}^3$ при средней квадратической ошибке равной $\pm 2,94 \text{ Н}\cdot\text{м}/\text{см}^3$. Зависимость (3) в виде $A_{об} = 2,8f$ может быть использована для расчетов режимов бурения шпуров вращательным способом в горных породах с коэффициентом крепости породы $f = 2-16$ [18].

Используя формулы (2) и (3), можно получить расчетную формулу для определения расходуемой мощности на бурение горных пород:

$$N = \frac{S_u \cdot V \cdot f}{2,19}. \quad (4)$$

Из зависимости (4) также становится возможным определение скорости бурения шпуров при известных величинах подводимой мощности, крепости разрушающейся породы и площади сечения шпура:

$$V = \frac{2,19N}{S_u \cdot f}. \quad (5)$$

Следует отметить, что выражение (5) было установлено до широкого применения гидравлических анкероустановщиков и трехперых резцов. В этой связи проверка соответствия расчетных значений скорости, полученных с его помощью, представляет значительный научный и практический интерес, так как позволяет оценить возможность использования зависимости (5) для планирования буровых работ в современных условиях.

На рисунках 4 и 5 представлены расчетные графики зависимостей скорости бурения от крепости горных пород по шкале профессора М.М. Протодьяконова, построенные на основании выражения (5), при бурении двухперыми и трехперыми резцами с использованием гидравлических и пневматических машин.

Расчетный график, полученный из выражения (5) для случая бурения горной породы гидравлической буровой машиной Fletchcer, показан на рисунке 5 вместе с соответствующей экспериментальной зависимостью. Мощность, подводимая к буровому резцу, была определена на основании выражения (1).

Из графиков на рисунке 4 видно, что рекомендации производителей горного инструмента относительно применения двухперых буровых резцов исключительно с пневматическими бурильными установками являются верными. Полученные данные свидетельствуют о низкой скорости бурения горных пород трехперыми резцами Тип 3 в сравнении с двухперыми конструкциями Тип 1 и Тип 2 при использовании пневматических буровых установок. Наличие третьего пера в резце Тип 3 приводит к увеличению усилия сопротивления подаче и момента

сопротивления, в результате этого использование таких резцов на пневматических буровых машинах возможно в горных породах незначительной крепости, трещиноватых массивах или при обеспечении конструкцией пневматического анкероустановщика необходимого уровня усилия подачи и крутящего момента на резце. В этом случае третья пера будет препятствовать заклиниванию инструмента при попадании его в трещину, каверну.

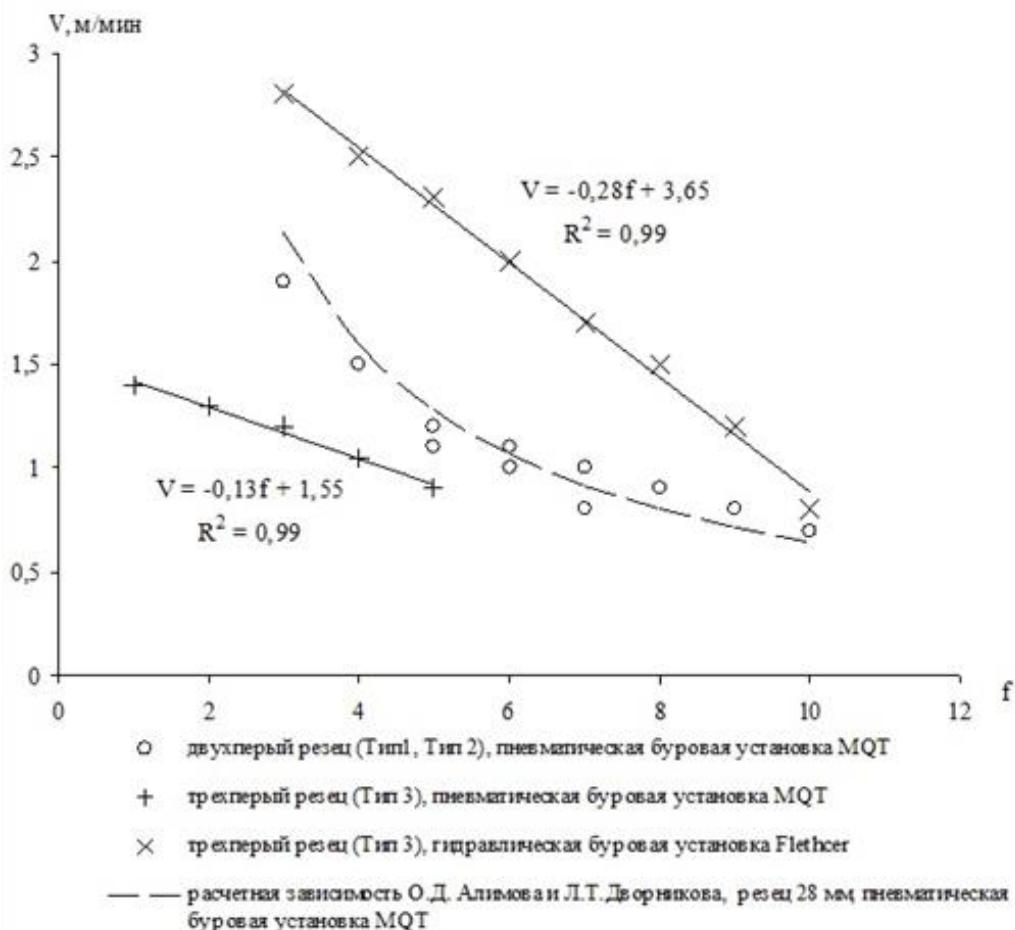


Рис. 4. Зависимость скорости бурения V от крепости горных пород f по шкале профессора М.М. Протодьяконова

Fig. 4. Dependence of the drilling rate V on the rocks hardness f according to Prof. M.M. Protod'yakonov's scale

Наибольшая скорость бурения горной породы может быть достигнута при использовании гидравлических бурильных машин, работающих с резцами трехперой конструкции. Проведенные исследования показали, что скорость бурения в горных породах средней крепости в этом случае превосходит скорость бурения пневматической буровой машиной с двухперым резцом в полтора раза. В дальнейшем, с ростом крепости пород, уменьшение скорости бурения гидравлической установкой с резцом Тип 3 происходит более интенсивно, чем пневматической с двухперыми резцами. При крепости горной породы, равной 10 по шкале профессора М.М. Протодьяконова, их скорости бурения отличаются крайне незначительно. Полученные данные (рис. 4 и 5) также показывают, что зависимость (5), предложенная О.Д. Алимовым и Л.Т. Дворниковым, с высокой достоверностью обеспечивает расчет скорости бурения двухперыми конструкциями резцов на пневматических буровых установках. Однако, она не пригодна для планирования буровых работ при использовании гидравлических анкероустановщиков, работающих с трехперыми резцами. В этом случае расчетные значения значительно превышают экспериментальные.

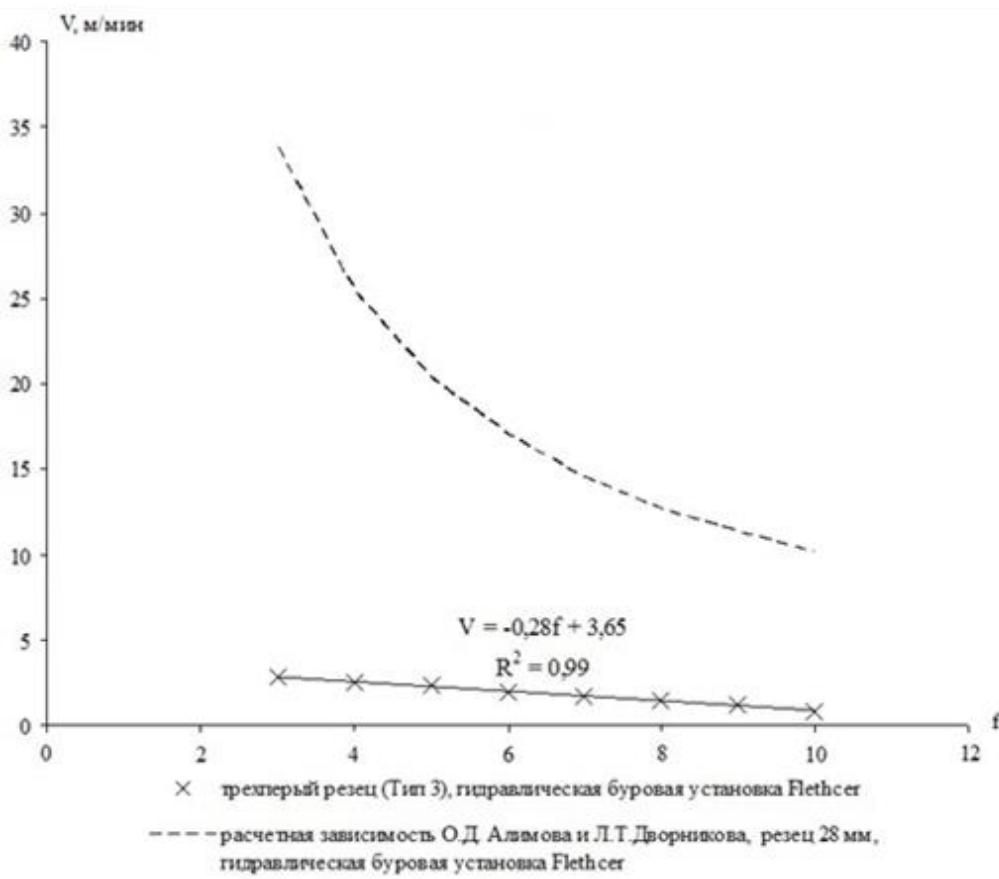


Рис. 5. Зависимость скорости бурения V от крепости горных пород f по шкале профессора М.М. Протодьяконова для гидравлических машин

Fig. 5. Dependence of the drilling rate V on the rocks hardness f according to Prof. M.M. Protodyakonov's scale for hydraulic machines

Следует отметить, что зависимость (5) также не обеспечивает достаточной точности при расчете скорости бурения трехперыми резцами на пневматическом станке. В связи с этим, получение математического выражения, описывающего работу трехперых резцов на различных бурильных машинах, представляет значительный научный и практический интерес.

Математическая обработка результатов проведенных исследований позволяет представить зависимость скорости бурения от крепости горных пород для трехперых симметричных резцов, имеющих передний угол 0 градусов и лезвия в форме ломаной с тремя вершинами, две из которых определяют начало и конец лезвия, а третья – опережающий концентратор напряжений в следующем виде:

При бурении пневматической машиной:

$$V = -0.13f + 1.55. \quad (6)$$

При бурении гидравлической машиной:

$$V = -0.28f + 3.65. \quad (7)$$

В этих выражениях: V – скорость бурения, м/мин, f – коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодьяконова. Величина достоверности аппроксимации экспериментальных данных составляет $R^2 = 0,99$.

Доверительный интервал при оценке скорости бурения испытанным инструментом составил $\pm 6\%$. Таким образом, установленные в ходе экспериментальных исследований зависимости (6) и (7) позволяют осуществлять планирование скорости ведения буровых работ под анкерное крепление при использовании гидравлических и пневматических машин с трехперыми резцами описанной выше конструкции.



По результатам проведенных исследований разработана штанга для вращательного бурения шпурков, обладающая преимуществами в сравнении с серийно выпускаемыми штангами. Получены расчетные зависимости, позволяющие производить планирование скорости ведения бурильных работ для установки анкерного крепления с использованием гидравлических и пневматических машин с трехперыми конструкциями резцов.

Список литературы

1. Таразанов И.Г., Губанов Д.А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-сентябрь 2020 года // Уголь. – 2020. – №12. – С. 31-43. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-12-31-43.
2. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ukkbel.ru/content/articles/index.php?article=1881>
3. Lesso I., Horovcak P., Flegner P., Pandula B. Process control by rotary drilling with exploitation of artificial intelligence methods // 8-th international multidisciplinary scientific geo-conference SGEM 2008. Volume 1. P. 505-512.
4. Вареха Ж., Лис С. Анкерное крепление как средство поддержания горных выработок // Кишинев: Ламберт Академик Паблишинг. – 2021. – 72 с.
5. Мельник В.В., Виткалов В.Г. Технология горного производства: в 2 ч. Ч. 1 // М.: Горное дело, ООО Киммерийский центр. – 2014. – 320 с.
6. Цибаев С.С. Обоснование параметров анкерного крепления горных выработок, подвергшихся воздействию негативных техногенных факторов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева, Кемерово, 2020. – 22 с.
7. Mothlabane W. B. Review of Roof Skin Instability Challenges with Emphasis on South African Coal Mines // International Conference on Geotechnical Challenges in Mining, Tunneling and Underground Infrastructures 2021. Volume 1. P. 15-64.
8. Peng Y., Timms W. Hydrogeochemical modelling of corrosive environment contributing to premature failure of anchor bolts in underground coal mines // Journal of Central South University. – 2020. – Volume 27. – P. 1599-1610.
9. Qinghai L., Weiping S., Zhongcheng Q. Effect of bolting on roadway support in extremely weak rock // SpringerPlus. – 2016. – Volume 5. – Issue 1. DOI: 10.1186/s40064-016-3031-6.
10. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.grins.ru/products/tools/drilling-rods/>
11. [Электронный ресурс]. URL: <https://mining-media.ru/ru/article/burovoe/1830-burovoj-instrument-zavoda-gonar>
12. [Электронный ресурс]. URL: <https://pom-bur.ru/gorno-shahtnyy-instrument/burovaya-shtanga-t38hex35r32/burovaya-shtanga-t38hex35r32/>
13. Патент RU № 2681164 E21B 17/00, E21B 3/00. Дворников Л. Т., Корнеев В. А., Корнеев П. А. Буровая штанга для вращательного бурения шпурков. Бюлл. № 7. (Заявлено 12.03.2018, опубликовано 04.03.2019).
14. Математическая энциклопедия. Т. 1. А-Г / под ред. И.М. Виноградова. М.: Советская энциклопедия, 1977. 1152 с.
15. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tflex.ru/products/konstructor/cad3d/>
16. [Электронный ресурс]. URL: <https://ooogroz.ru/пневматическая-буровая-установка-rambor/>
17. [Электронный ресурс]. URL: <https://mining.komatsu/ru/product-details/модель-ddr-компании-fletcher#!specifications>
18. Алимов О. Д., Дворников Л. Т. Бурильные машины // М.: Машиностроение. – 1976. – 295 с.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2022 Авторы. Издательство Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. Эта статья доступна по лицензии CreativeCommons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Информация об авторах

Ефременков Андрей Борисович, д.т.н., проректор по науке,
e-mail: abe@novsu.ru

Новгородский государственный университет им. Ярослава Мудрого
173003, Российская Федерация, г. Великий Новгород, ул. Большая Санкт-Петербургская, 41



Ефременков А.Б., Корнеев П.А., Корнеев В.А. и др.

Повышение эффективности бурильных работ на угольных шахтах при осуществлении анкерного крепления горных...

DOI: 10.26730/2618-7434-2022-4-62-72

Корнеев Петр Александрович, заведующий лабораторией кафедры геотехнологии
e-mail: pustelli@mail.ru

Корнеев Виктор Александрович, к.т.н., заведующий лабораторией кафедры ПИТ и программирования, доцент кафедры открытых горных работ и электромеханики
Сибирский государственный технический университет
654007, Российская Федерация, Кемеровская область – Кузбасс, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42

Хорешок Алексей Алексеевич, д.т.н., проф., директор Горного института
e-mail: haa.omit@kuzstu.ru

Маметьев Леонид Евгеньевич, д.т.н., профессор кафедры горных машин и комплексов
e-mail: mle.gmk@kuzstu.ru
Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
650000, Российская Федерация, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

IMPROVING THE EFFICIENCY OF DRILLING OPERATIONS IN COAL MINES DURING ANCHORING OF MINE WORKINGS

Andrey B. Efremenkov¹, Petr A. Korneyev², Victor A. Korneyev², Alexey A. Khoreshok³, Leonid Y. Mametyev³

¹ Yaroslav-the-Wise Novgorod State University

² Siberian State Industry University

³ Kuzbass State Technical University



Abstract.

Improving the efficiency of rotary hole drilling for anchoring can be achieved through two ways: improving the quality of mining planning and using more modern mining tools. The use of modern high-performance drilling machines requires the use of drill rods with increased durability, as well as providing improved removal of drilled rock from the borehole. Poor removal of drill fines leads to their overgrinding, which contributes to an increase in the energy intensity of the drilling process. The paper proposes a design of a drilling rod with a cross-section in the form of a Realeaux triangle for rotary drilling of boreholes in the mine workings of coal mines during the mounting of anchoring. A comparative study of the developed rod design and commercially available rods has been carried out to determine their strength, weight and free space for removing drill fines from the borehole. Mathematical dependencies have been established, which allow planning of drilling speed when using hydraulic and pneumatic machines with cutters of three-feather design.

Article info

Received:
12 October 2022

Revised:
22 November 2022

Accepted:
29 November 2022

Keywords: anchor support, drill rod, coal mine, drill cutter, drilling machine, borehole

For citation Efremenkov A., Korneev P., Korneev A. (2022) Improving the efficiency of drilling operations in coal mines during anchoring of mine workings, *Journal of mining and geotechnical engineering*, 4(19):62. DOI: 10.26730/2618-7434-2022-4-62-72

References

1. Tarazanov I.G., Gubanov D.A. *Itogi raboty ugol'noj promyshlennosti Rossii za janvar'-sentjabr' 2020 goda* // *Ugol'*. – 2020. – №12. – S. 31-43. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-12-31-43.
2. [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.ukkbel.ru/content/articles/index.php?article=1881>
3. Lesso I., Horovcak P., Flegner P., Pandula B. Process control by rotary drilling with exploitation of artificial intelligence methods // 8-th international multidisciplinary scientific geo-conference SGEM 2008. Volume 1. P. 505-512.



4. Vareha Zh., Lis S. Ankerne kreplenie kak sredstvo podderzhanija gornyh vyrabotok // Kishinev: Lambert Akademik Publishing. – 2021. – 72 s.
5. Mel'nik V.V., Vitkalov V.G. Tehnologija gornogo proizvodstva: v 2 ch. Ch. 1 // M.: Gornoje delo, OOO Kimmerijskij centr. – 2014. – 320 s.
6. Cibaev S.S. Obosnovanie parametrov ankernogo krepljenija gornyh vyrabotok, podvergshihся vozdejstviju negativnyh tehnogennyh faktorov: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. – Kuzbasskij gosudarstvennyj tehnicheskij universitet im. T. F. Gorbacheva, Kemerovo, 2020. – 22 c.
7. Mothabane W. B. Review of Roof Skin Instability Challenges with Emphasis on South African Coal Mines // International Conference on Geotechnical Challenges in Mining, Tunneling and Underground Infrastructures 2021. Volume 1. P. 15-64.
8. Peng Y., Timms W. Hydrogeochemical modelling of corrosive environment contributing to premature failure of anchor bolts in underground coal mines // Journal of Central South University. – 2020. – Volume 27. – P. 1599-1610.
9. Qinghai L., Weiping S., Zhongcheng Q. Effect of bolting on roadway support in extremely weak rock // SpringerPlus. – 2016. – Volume 5. – Issue 1. DOI: 10.1186/s40064-016-3031-6.
10. [Jelektronnyj resurs]. URL: <http://www.grins.ru/products/tools/drilling-rods/>
11. [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://mining-media.ru/ru/article/burovoe/1830-burovoj-instrument-zavoda-gonar>
12. [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://pom-bur.ru/gorno-shahtnyy-instrument/burovaya-shtanga-t38hex35r32/burovaya-shtanga-t38hex35r32/>
13. Patent RU № 2681164 E21V 17/00, E21V 3/00. Dvornikov L. T., Korneev V. A., Korneev P. A. Burovaja shtanga dlja vrashhatel'nogo burenija shpurov. Bjull. № 7. (Zajavleno 12.03.2018, opublikовано 04.03.2019).
14. Matematicheskaja jenciklopedija. T. 1. A-G / pod red. I.M. Vinogradova. M.: Sovetskaja jenciklopedija, 1977. 1152 s.
15. [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://www.tflex.ru/products/konstruktur/cad3d/>
16. [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://ooogroz.ru/pnevmaticheskaja-burovaja-ustanovka-rambor/>
17. [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://mining.komatsu/ru/product-details/model'-ddr-kompanii-fletcher#!specifications>
18. Alimov O. D., Dvornikov L. T. Buril'nye mashiny // M.: Mashinostroenie. – 1976. – 295 s.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2022 The Authors. Published by T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Information about the authors

Andrew B. Efremenkov, Dr.Sc. (Tech.), Vice-Rector for Research and Innovation

e-mail: abe@novsu.ru

Yaroslav-the-Wise Novgorod State University,
Russian Federation, 173003, Novgorod region, Veliky Novgorod, 41 B. Peterburgskaya st.

Petr A. Korneev, Head of the Laboratory of Geo-Technology Department

e-mail: pustelli@mail.ru

Victor A. Korneev, PhD (Tech.), Head of the Laboratory of Applied Information Technologies and Software Engineering Department, Associate Professor of Open Pit Mining and Electromechanics Department

Siberian State Industry University

Russian Federation, 654007, Kemerovo region, Novokuznetsk, 42 Kirova st.

Alexey A. Khoreshok, Dr.Sc. (Tech.), Director of Mining Institute

e-mail: haa.omit@kuzstu.ru

Leonid Y. Mametyev, Dr.Sc. (Tech.), Professor of Mining Machines and Complexes Department

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

Russian Federation, 650000, Kemerovo region, Kemerovo, 28 Vesennaya st.



ISSN 2618-7434

Journal of Mining and Geotechnical Engineering

JMGE \ 4-22

SCIENTIFIC AND PRACTICAL JOURNAL



ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ГОРНОГО ДЕЛА

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»

**ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ
ГОРНОГО ДЕЛА**
научно-практический журнал

№4 (19) 2022

Основан в 2018 году

Выходит 4 раза в год

ISSN 2618-7434

12+

Редакционная коллегия:

Главный редактор

Аксенов В.В., д.т.н. (Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН, РФ)

Заместители главного редактора

Тюленев М.А., к.т.н., доц. (КузГТУ, РФ)

Члены редколлегии

Абай Асмелаш, к.т.н., доц. (Университет Мекелле, Эфиопия)
Абу-Абед Фарес Назимович, к.т.н., доцент (ТвГТУ, РФ)
Алияров Рауф Юсиф оглу, д.г.-м.н. (АГУНП, Азербайджан)
Бродны Ярослав, д.т.н., проф. (Силезский университет технологий, Польша)
Демирель Нурай, к.т.н., доц. (Средневосточный технический университет, Турция)
Дмитров Юрий Витальевич, д.т.н. (ИПКОН РАН, РФ)
Ефременков Андрей Борисович, д.т.н., проф. (НовГУ, РФ)
Жургач Давид, к.т.н., доц. (Центр гидравлики, Польша)
Завьялов Валерий Михайлович, д.т.н., доц., (СевГУ, РФ)
Захарова Алла Геннадьевна, д.т.н., проф. (КузГТУ, РФ)
Карпуз Селал, д.т.н., проф. (Средневосточный технический университет, Турция)
Кесовић Владислав, к.т.н., доц. (Университет Западной Виргинии, США)
Клишин Владимир Иванович, член-корр. РАН (ФИЦ УУХ СО РАН, РФ)
Кретчманн Юрген, д.т.н., проф. (Техническая Высшая Школа им. Георга Агриколы, Германия)
Лесин Юрий Васильевич, д.т.н., проф. (КузГТУ, РФ)
Литвин Олег Иванович, к.т.н. (КузГТУ, РФ)
Марасова Даниэла, к.т.н., доц. (Технический университет Кошице, Словакия)
Марков Сергей Олегович, к.т.н., доц. (КузГТУ, Россия)
Мисников Олег Степанович, д.т.н., проф. (ТвГТУ, РФ)
Панов Владимир Владимирович, д.географ.н., проф. (Тверской государственный технический университет, РФ)
Простор Сергей Михайлович, д.т.н., проф. (КузГТУ, РФ)
Семькина Ирина Юрьевна, д.т.н., доц., (СевГУ, РФ)
Тутак Магдалена, к.т.н., доц. (Силезский университет технологий, Польша)
Фёт Штефан, к.т.н., доц. (Техническая Высшая Школа им. Георга Агриколы, Германия)
Хеллмер Марк, магистр (Императорский Колледж Лондона, Великобритания)
Хорешок Алексей Алексеевич, д.т.н.. проф. (КузГТУ, РФ)
Цаганова Дагмар, к.т.н., доцент (Словакский университет технологии, Братислава, Словакия)
Цехлар Михал, д.т.н. (Технический университет Кошице, Словакия)
Шакlein Сергей Васильевич, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, (ФИЦ УУХ СО РАН, РФ)
Яночко Йрай, д.т.н. (Технический университет Кошице, Словакия)

Позиция редакции не всегда совпадает с точкой зрения авторов публикуемых материалов.

Полнотекстовый доступ к электронной версии журнала на сайте www.elibrary.ru

Издатель журнала: ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный

технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

© Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 2022

Уважаемые читатели!

Журнал издается с 2018 г.

Учредитель и издатель:

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева»

Адрес учредителя, издателя и редакции:

650000, Россия, Кемеровская область,
г. Кемерово, ул. Весенняя 28

Журнал зарегистрирован

Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций –
Свидетельство ПИ № ФС77 - 74655 от 24 декабря 2018 г.

Тематика журнала:

- 1.6.21. Геоэкология (технические науки)
- 2.4.2. Электротехнические комплексы и системы (технические науки)
- 2.8.3. Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология, геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр (технические науки).
- 2.8.6. Геомеханика, разрушение горных пород, рудничная аэрогазодинамика и горная теплофизика (технические науки)
- 2.8.8. Горные машины, геотехнология (технические науки)

Технический редактор

О.А. Останин

Верстка

Д.А. Бородин

Дизайн обложки

М.А. Коробченко, Д.А. Бородин

Тел.: +7-3842-39-63-14

jm.kuzstu.ru

jm@kuzstu.ru

Дата выхода в свет: 27.12.2022

Формат 60×84/8.

Бумага офсетная.

Отпечатано на МФУ

Уч.-изд. л. 10,625.

Тираж 50 экз.

Заказ 125

Цена свободная

Адрес типографии:

Издательский центр УИП КузГТУ
650000, Россия, Кемеровская об-
ласть, г. Кемерово, ул. Д.Бедного, 4а

Russian Federation Ministry of Science and Higher Education
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University”

JOURNAL OF MINING AND GEOTECHNICAL ENGINEERING Scientific and Practical Journal

No 4 (19) 2022

Founded in 2018
Issued 4 times a year
ISSN 2618-7434

12+

Editorial Team:

Editor-in-Chief:

Aksenov Vladimir, Dr. Sc. (Institute of Coal, Federal Research Center for Coal and Coal Chemistry, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Russia)

Executive Editors

Tyulenev Maxim, PhD (Eng.), deputy chief editor (Kuzbass State Technical University, Russia)

Associate Editors

Alexey Khoreshok, Dr.Sc., Professor (KuzSTU, Russia)

Alla Zakhارова, Dr.Sc., Professor (KuzSTU, Russia)

Andrey Efremenkov, Dr.Sc., Professor (Yaroslav Mudry Novgorod State University, Russia)

Asmelash Abay, PhD, Associated Professor (Mekelle University, Ethiopia)

Celal Karpuz, Dr.Sc., Professor (Middle East Technical University, Turkey)

Dagmar Caganova, PhD, Associated Professor (Slovak University of Technology, Bratislava, Slovak Republic)

Daniela Marasova, PhD, Professor (Technical University of Kosice, Slovakia)

Dawid Szurgasz, PhD, Associated Professor (Center of Hydraulics DOH Ltd, Bytom, Poland)

Fares Abu-Abed, Ph.D., Associate Professor (TvSTU, Russia)

Irina Semykina, Dr.Sc., Associated Professor (SevSU, Russia)

Jaroslaw Brodny, Dr.Sc., Professor (Silesian University of Technology, Poland)

Juraj Janocko, Dr.Sc., Professor (Technical University of Kosice, Slovakia)

Jurgen Kretschmann, Dr.Sc., Professor (Technische Fachhochschule Bochum, Germany)

Magdalena Tutak, PhD, Associated Professor (Silesian University of Technology, Poland)

Mark Hellmer, MSc (Imperial College London, United Kingdom)

Michal Cehlar, Dr.Sc., Professor (Technical University of Kosice, Slovakia)

Nuray Demirel, PhD, Associated Professor (Middle East Technical University, Turkey)

Oleg Litvin, PhD, Senior Researcher (KuzSTU, Russia)

Oleg Misnikov, Dr.Sc., Professor (TvSTU, Russia)

Rauf Aliyarov, Dr.Sc. (ASUOI, Azerbaijan)

Sergey Markov, PhD, Associate Professor (KuzSTU, Russia)

Sergey Prostov, Dr.Sc., Professor (Kuzstu, Russia)

Sergey Shaklein, Dr.Sc., Leading Researcher (Russian Academy of Sciences, Russia)

Stefan Voth, PhD, Associated Professor (Technische Fachhochschule Bochum, Germany)

Valery Zavyalov, Dr.Sc., Associated Professor (SevSU, Russia)

Vladimir Klishin, Corresponding Member (Russian Academy of Sciences, Russia)

Vladimir Panov, Dr.Sc., Professor (Tver State Technical University, Russia)

Vladislav Kecojevic, PhD, Professor (West Virginia University, Morgantown, United States)

Yury Dmitrak, Dr.Sc. (Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources, Russian Academy of Sciences, Russia)

Yury Lesin, Dr.Sc., Professor (KuzSTU, Russia)

Editorial Board Position may not be congruent with the point of view of published articles' authors

Full-text access to the electronic version of the journal is on website www.elibrary.ru

Publisher: T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

© T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 2022

Dear readers!

The journal is published since 2018.

Founder and Publisher:

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

Founder, Publisher and Editorial Board
Address: 28 Vesennya St., 650000, Kemerovo, Russian Federation

The journal is registered

by the Federal Service for Supervision
in the Sphere of Communication, Information Technologies and Mass Communications - Certificate PI No. FS77-74655 of December 24, 2018.

Subjects of the journal:

- 1.6.21. Geocology (engineering)
- 2.4.2. Electrotechnical complexes and systems (engineering)
- 2.8.3. Mining and oil and gas field geology, geophysics, surveying and subsurface geometry (engineering)
- 2.8.6. Geomechanics, rock destruction, mining aerogasdynamics and mining thermophysics (engineering)
- 2.8.8. Mining machines, geotechnology (engineering)

Technical editor
O.A. Ostanin

Imposter
D.A. Borodin

Cover design
M.A. Korobchenko. D.A. Borodin

Tel.: +7-3842-39-63-14
jm.kuzstu.ru
jm@kuzstu.ru

Publishing Date: December 27, 2022

Format 60×84 /8.

Offset paper.

Imprinted on MFPs

Published sheets 10,625.

Edition of 50 copies.

Order Number 125

Price is open

Printing-office Address:
KuzSTU Publishing Center,
4A Demyana Bednogo St., 650000,
Kemerovo, Russian Federation

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Тюленев М.А., Марков С.О., Гвоздкова Т.Н., Паламарчук А.Б., Селезнев А.В., Сурадеев Н.С., Есин Д.Д.</i>	4	<i>Tyulenev M.A., Markov S.O., Gvozdкова T.N., Palamarchuk A.B., Seleznev A.V., Suradeev N.S., Esin D.D.</i>
<i>Исследование вместимости и структур схем экскавации при отсыпке внутренних многоярусных беспорочных отвалов</i>		<i>Study of structures of excavation schemes for backfilling of internal multi-tier transportless dumps</i>
<i>Ананьев К.А., Ермаков А.Н., Сидоров М.С., Варнавский К.А.</i>	35	<i>Ananyev K.A., Ermakov A.A., Sidorov M.S., Varnavsky K.A.</i>
<i>Обзор исполнительных органов буровых установок</i>		<i>Overview of drilling rigs executive bodies</i>
<i>Ефременков А.Б., Корнеев П.А., Корнеев В.А. Повышение эффективности бурильных работ на угольных шахтах при осуществлении анкерного крепления горных выработок</i>	62	<i>Efremenkov A.B., Korneyev P.A., Korneyev V.A. Improving the efficiency of drilling operations in coal mines during anchoring of mine workings</i>
<i>Суслина Л.А., Агапова Е.Н., Бобровникова А.А. Повышение эффективности обогащения углей класса крупности 0,15-1 мм с применением гидро- сайзеров</i>	73	<i>Suslina L.A., Agapova E.N., Bobrovnikova A.A. Improvement of preparation efficiency of 0.15-1 mm coal using hydrosizers</i>
<i>Хроника</i>	82	<i>Chronicle</i>
<i>Рекомендации для авторов</i>	83	<i>Instructions to authors</i>

CONTENTS