



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 резами 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 должным 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).

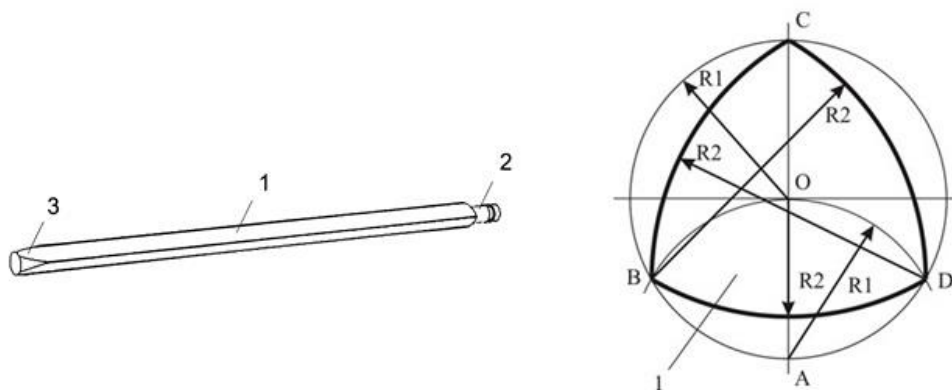


Рис. 1. Буровая штанга: а – общий вид, б – принцип построения ее поперечного сечения в форме треугольника Рело

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

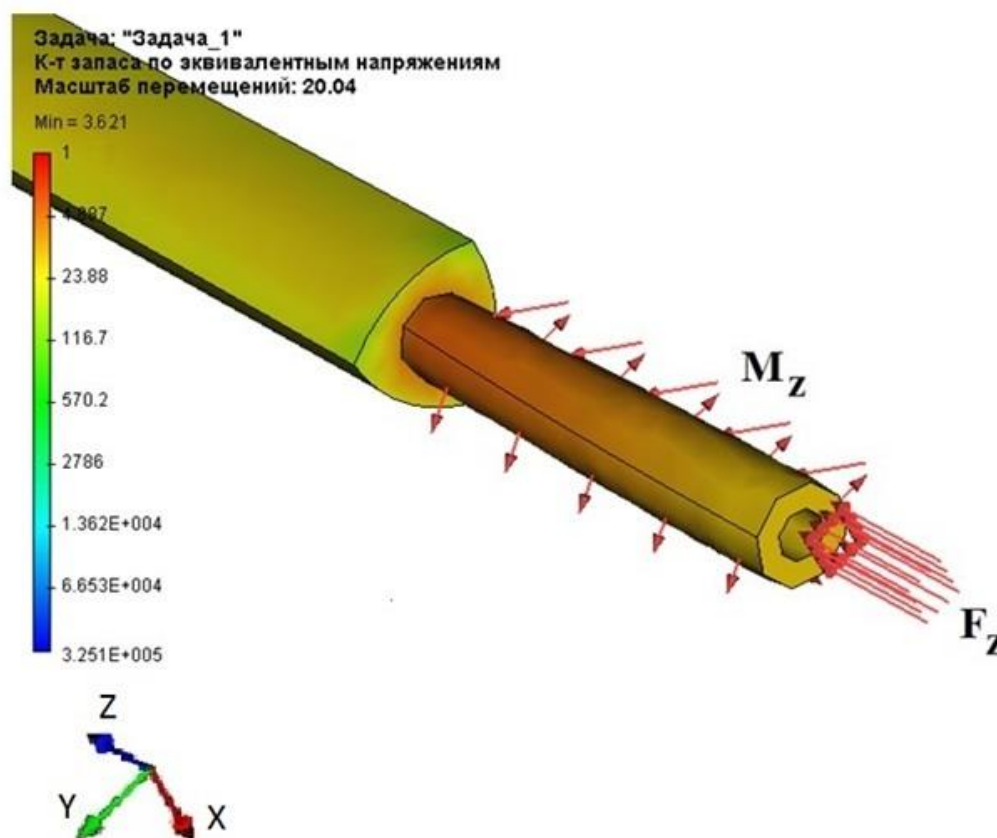


Рис. 2. Определение коэффициента запаса по эквивалентным напряжениям для буровой штанги с поперечным сечением в форме треугольника Рело

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», предназначенной для вращательного бурения вертикальных и наклонных шпуров в горных выработках с коэффициентом крепости пород по шкале проф. М.М. Протодяконова $f \leq 10$ (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 $S_{св}$ – 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	$S_{св}$, 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 совпала с высотой режущей пластины), M – присоединительная резьба, D – диаметр резца, α – задний угол.

При проведении исследований использовались следующие типы резцов.

Тип 1 – двухперый резец для вращательного бурения шпуров с номинальным 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 номинальным 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.

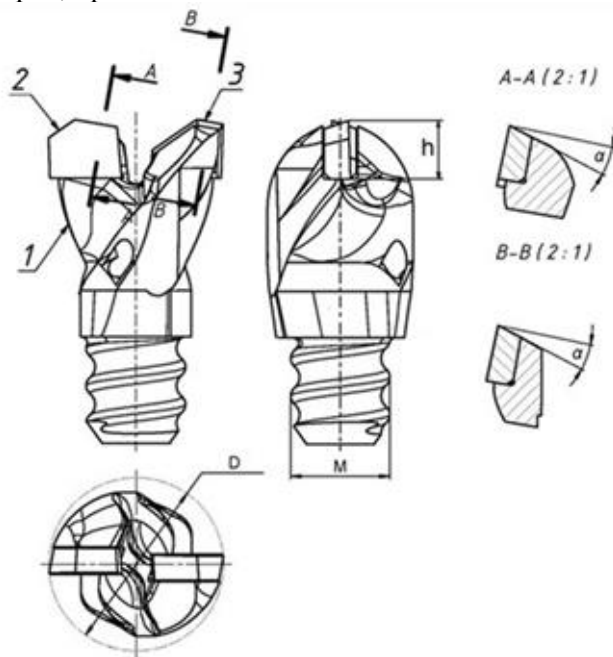


Рис. 3. Условные обозначения параметров бурового резца
Fig. 3. Drill cutter parameter legend

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	Тип 3
	2		
	3		
Алевролит, $f=3-7$	4	Тип 2	Тип 3
	5		
	6		
	7		
Песчаник, $f=6-10$	8	Тип 2	Тип 3
	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 Flethcer [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:

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

где N – мощность, расходуемая на бурение, Вт; $S_{ш}$ – 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: $\delta_{ср} = 27,44$ Н·м/см³ при средней квадратической ошибке равной $\pm 2,94$ Н·м/см³. 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:

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

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

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

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. Протодяконова, 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 Flethcer, 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 третье перо будет препятствовать заклиниванию инструмента при попадании его в трещину, каверну.

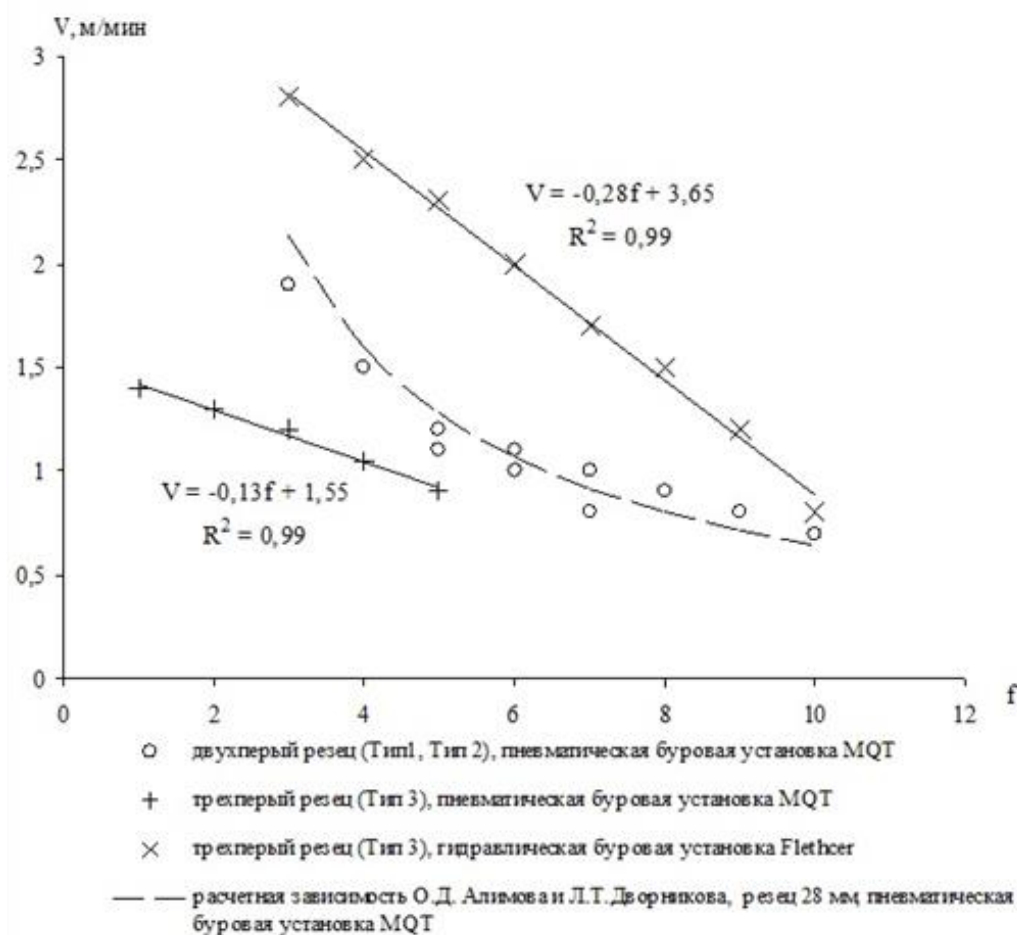


Рис. 4. Зависимость скорости бурения V от крепости горных пород f по шкале профессора М.М. Протодяконова

Fig. 4. Dependence of the drilling rate V on the rocks hardness f according to Prof. M.M. Protodyakonov'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. Протодяконова, 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.

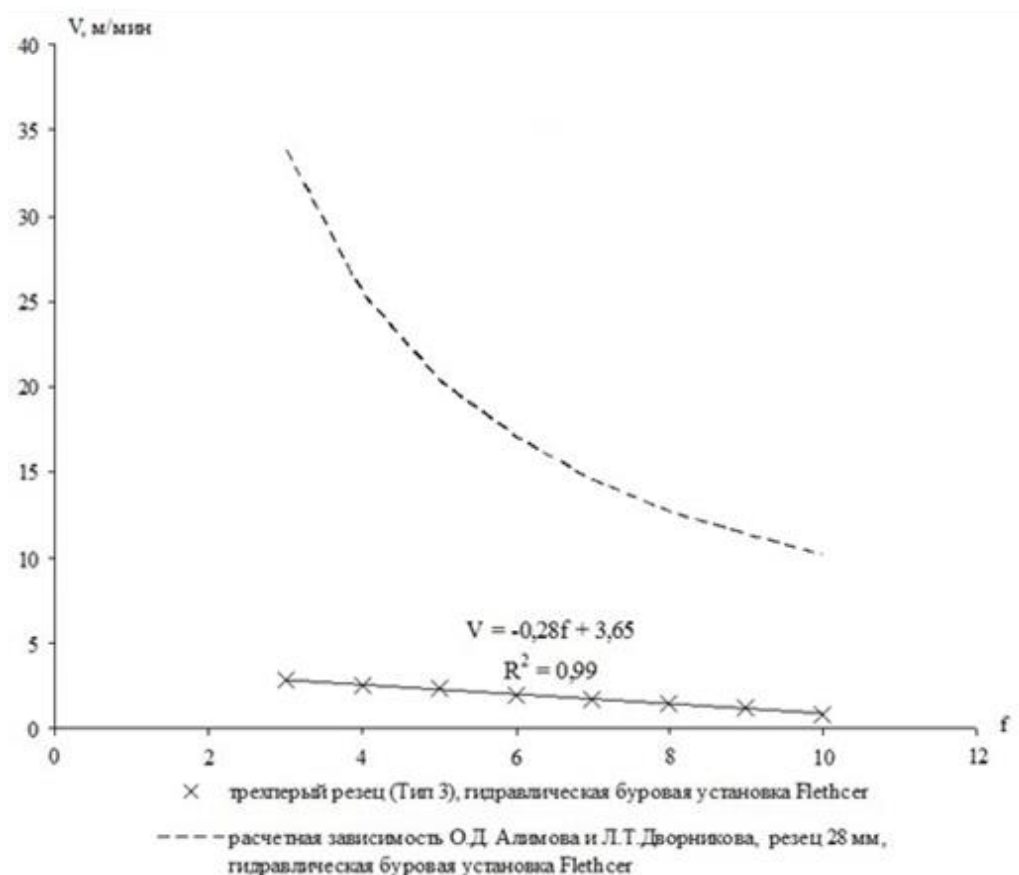


Рис. 5. Зависимость скорости бурения V от крепости горных пород f по шкале профессора М.М. Протодяконова для гидравлических машин
Fig. 5. Dependence of the drilling rate V on the rocks hardness f according to Prof. M.M. Protodyakonov's scale for hydraulic machines

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. Протодяконова. 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 шпуров, 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 резов.

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 Публишинг. – 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. Motlhabane 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 шпуров. 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/konstruktor/cad3d/>
16. [Электронный ресурс]. URL: <https://oogroz.ru/пневматическая-буровая-установка-rambor/>
17. [Электронный ресурс]. URL: <https://mining.komatsu.ru/product-details/модель-ddr-компания-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 Creative Commons «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



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



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

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 Reuleaux 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.

For citation Efremenkov A., Korneyev P., Korneyev 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. [Jelektronnyj 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. Ankerное крепление как средство поддеpжания горных выработок // Kishinev: Lambert Akademik Publishing. – 2021. – 72 s.
5. Mel'nik V.V., Vitkalov V.G. Tehnologija gornogo proizvodstva: v 2 ch. Ch. 1 // M.: Gornoe delo, OOO Kimmerijskij centr. – 2014. – 320 s.
6. Cibaev S.S. Obosnovanie parametrov ankerного крепления горных выработок, podvergshijsja vozdeystviyu negativnyh tehnogennyh faktorov: avtoref. dis. ... kand. tehn. nauk. – Kuzbasskij gosudarstvennyj tehnikeskij universitet im. T. F. Gorbacheva, Kemerovo, 2020. – 22 c.
7. Motlhabane 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 vrashatel'nogo burenija shpurov. Bjull. № 7. (Zajavleno 12.03.2018, opublikovano 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/konstruktor/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 Vesennyyaya st.

