

СТРОИТЕЛЬСТВО И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ДОРОГ

УДК 622:658

С. В. Войцеховский, канд. техн. наук, Н. Н. Сибиловская

Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОХОДЧЕСКИХ РАБОТ БУРОВЗРЫВНЫМ СПОСОБОМ НА УГОЛЬНЫХ ШАХТАХ ДОНБАССА

Проведен анализ эффективности бурения горизонтальных скважин в породах с пределом прочности до 120 МПа с помощью бурильных головок ударно-вращательного (типов М2 и 3011.15.01.000) и вращательного (тип 3011.32.00.000) действия различными буровыми коронками с целью минимизации затрат и повышения темпов проходческих работ на угольных шахтах Донбасса.

***Ключевые слова:** бурение, буровые коронки, буровзрывной способ, проходческие работы*

Введение

В настоящее время на угольных предприятиях ДНР и ЛНР при проведении проходческих работ остро стоит задача обеспечения необходимых темпов проходки в условиях ограниченности бюджетов и привлечения требуемых инвестиций в современное оборудование. При этом традиционно применяются две основные технологии проходки: разрушение пород с пределом прочности до 60 МПа (различные сланцы, сланцевые песчаники, известняки) производится с помощью проходческих комбайнов, а более твердые породы с пределом прочности от 80 МПа и выше (песчаники, крепкие песчаники, граниты) – буровзрывным способом. Причем в последнем случае бурение шпуров для взрывных работ принято осуществлять бурильными головками вращательного действия для пород крепостью порядка 80–100 МПа, и ударно-вращательного действия для пород от 120 МПа и выше.

Следует отметить, что такая практика в определенной мере условна и является результатом многолетнего опыта применения тех или иных видов проходческого оборудования и инструмента, что нашло свое отражение в справочной и технической литературе [1–8]. В то же время за последние 20 лет произошли значительные изменения в области развития новых технологий ведения проходческих работ, сочетающиеся с развитием и успехами в машиностроении, в том числе иностранного производителя. Это сопровождалось появлением на рынке новой и расширением существующей номенклатуры современного проходческого оборудования и инструмента.

Вместе с тем каждый производитель подобного оборудования, преследуя свои коммерческие интересы, защищает интеллектуальную собственность и не спешит раскрывать конструкторские и технологические наработки, предлагая угольным предприятиям готовые решения, которые не всегда являются оптимальным вариантом, поскольку приоритетными являются сбыт продукции и коммерческая выгода конкретных производителей. А фундаментальные научные исследования в данной области существенно отстают, так как это связано со значительными капиталовложениями в научную и производственную базу, на которые средства в рамках бюджетного финансирования как правило не выделяются.

В таких условиях крайне важно объединять возможности отечественных производителей горношахтного оборудования, угольных предприятий и научных учреждений, чтобы совместными усилиями находить оптимальные решения конкретных задач, стоящих перед нашим энергетическим комплексом. Как это было сделано в рамках сотрудничества между ООО ТД «НГМЗ-БУР» (г. Горловка) и ГП «Макеевуголь» при содействии Министерства угля

и энергетики Донецкой Народной Республики и при участии представителей АДИ ГОУВПО «ДОННТУ» (г. Горловка). В результате данного сотрудничества были проведены исследования и выработаны рекомендации по выбору оптимального инструмента, оборудования и режимов его работы для проходки на шахте «Калиново-Восточная» объединения ГП «Макеевуголь».

Цель статьи

Изложить результаты исследования по выбору оптимального инструмента, оборудования и режимов его работы для проходки на шахте «Калиново-Восточная» объединения ГП «Макеевуголь».

Постановка задачи

При проходке крепких пород и пород повышенной крепости в шахтных условиях требовалось найти оптимальное соотношение темпов проходки буровзрывным способом и затрат на соответствующее оборудование, его обслуживание и инструмент. Для чего проводился сравнительный анализ результатов бурения горизонтальных скважин различными типами бурильных головок и буровых коронок. Глубина скважин 1,5 метра, диаметр коронок 40–42 мм. Образец для бурения – фрагмент песчаника массой порядка 4 т, крепостью около 125 МПа (определено лицензированной лабораторией). Бурение производилось на серийной установке бурильной шахтной типа УБШ-251 производства ООО ТД «НГМЗ-БУР», на заводской площадке для испытаний. В дальнейшем результаты уточнялись в шахтных условиях.

Выбор образца песчаника с подобными характеристиками обусловлен тем, что этот тип пород наиболее распространен в нашем регионе (и, в частности, аналогичные породы требовалось проходить на шахте «Калиново-Восточная»). Более мягкие породы сейчас проходятся с помощью проходческих комбайнов, а особо крепкие граниты и другие породы крепостью от 160–180 МПа и выше встречаются значительно реже, и характерны больше для железорудных месторождений (да и для их эффективного бурения требуются уже высокопроизводительные и дорогостоящие гидравлические перфораторы и не менее дорогие машины, на которые те устанавливаются).

В данном же исследовании сравнивались отечественные электрические бурильные головки вращательного действия (тип 3011.32.00.000) и ударно-вращательного действия (тип 3011.15.01.000 – энергия удара 120 Дж с частотой 55 Гц). Так же испытывалась пневматическая головка ударно-вращательного действия типа М2 (энергия удара 132 Дж с частотой 40 Гц). Следует отметить, что данные типы головок являются одними из самых распространенных на постсоветском пространстве, а другие также широко распространенные типы (например пневматическая БГА-1М, БГА-2М, Б-106 и др.) имеют сходные характеристики. В качестве инструмента применялись современные твердосплавные буровые коронки типа РШ-140 и БУ-43 (для вращательного бурения) и типа КНШ-5 и КНШ-7 (для ударно-вращательного бурения).

Анализ эффективности проводился с учетом зависимости скорости бурения от типа головки, режимов ее работы (скорости вращения и энергии удара), усилия подачи, и типа применяемых буровых коронок (при этом также фиксировался ресурс этих коронок).

Основные результаты исследования

На рисунке 1 представлена зависимость скорости бурения от усилия подачи при использовании пневматической головки ударно-вращательного действия типа М2, оснащенной буровыми коронками КНШ-5 (линии 1 и 3) и КНШ-7 (линии 2 и 4). Отличие между этими типами коронок состоит в количестве полусферических резцов (5 и 7 резцов, соответственно). Особенностью бурения ударно-вращательным способом такими коронками является

необходимость согласования частоты ударов со скоростью вращения. Для максимальной эффективности бурения каждый удар и внедрение резцов в породу должен сопровождаться поворотом коронки на определенный угол (при этом происходит скалывание породы на внедренную глубину), а каждый последующий удар резцами увеличивает внедрение. Если не соблюдать это условие, то либо в одно и то же место приходится несколько ударов (когда скорость вращения отстает от частоты), либо резцы не успевают внедряться в породу, и коронка проворачивается без удара (который запаздывает) – бурение вместо ударно-вращательного становится по сути просто вращательным.

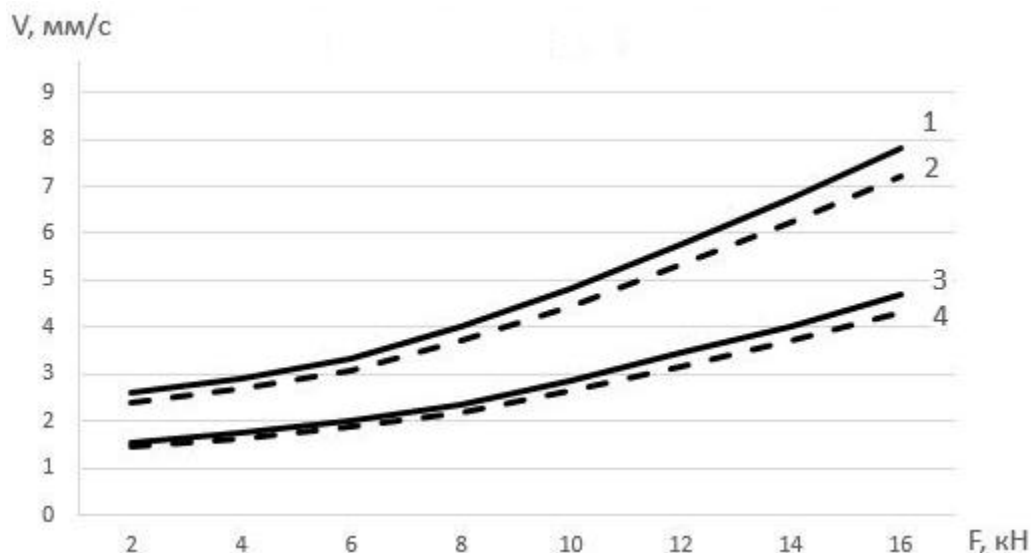


Рисунок 1 – Зависимость скорости бурения головкой М2 от усилия подачи (линии 1 и 3 – коронка КНШ-5, линии 2 и 4 – коронка КНШ-7)

Таким образом, при снижении частоты ударов до 80 % от номинальных значений, и соответственно снижении частоты вращения коронки (линии 3 и 4), скорость бурения снизилась до примерно 60 % от максимальных значений (линии 1 и 2). При этом заметного изменения в износе коронок не наблюдалось – в обоих случаях ресурса одной коронки при максимальном усилии подачи хватало на порядка 15 скважин глубиной 1,5 м. Также следует отметить, что коронки с большим количеством резцов (КНШ-7) оказались примерно на 10 % менее эффективными, чем коронки с меньшим количеством резцов (КНШ-5).

На рисунке 2 представлены результаты аналогичного испытания электрической ударно-вращательной головки типа 3011.15.01.000. В ней энергия удара реализуется не отдельным ударником (как в головке М2), а путем преобразования части вращательной энергии в удар с помощью волнового венца (такой же принцип реализован в бытовых перфораторах). Поэтому в данном типе головок частота ударов и частота вращения жестко связаны между собой и не поддаются настройке. С этим связана и примерно на четверть меньшая эффективность бурения этой головкой по сравнению с М2, несмотря на их близкие паспортные характеристики.

Для более полной оценки эффективности бурения также были проведены испытания головки вращательного действия. В качестве такой головки испытывалась электрическая 3011.32.00.000 (мощность электродвигателя 11 кВт, такая же как и на ударно-вращательной 3011.15.01.000). Результаты испытаний приведены на рисунке 3.

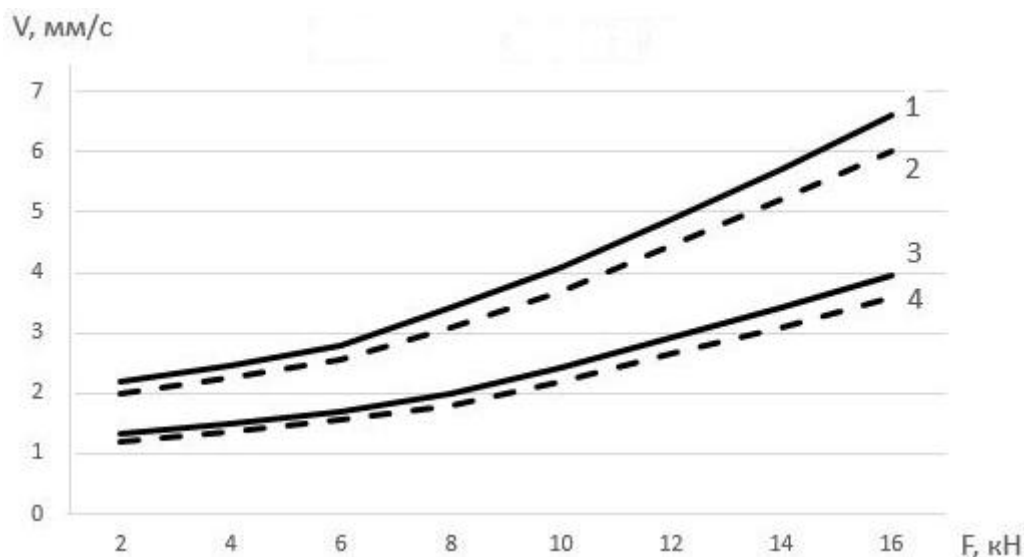


Рисунок 2 – Зависимость скорости бурения головкой 3011.15.01.000 от усилия подачи (линии 1 и 3 – коронка КНШ-5, линии 2 и 4 – коронка КНШ-7)

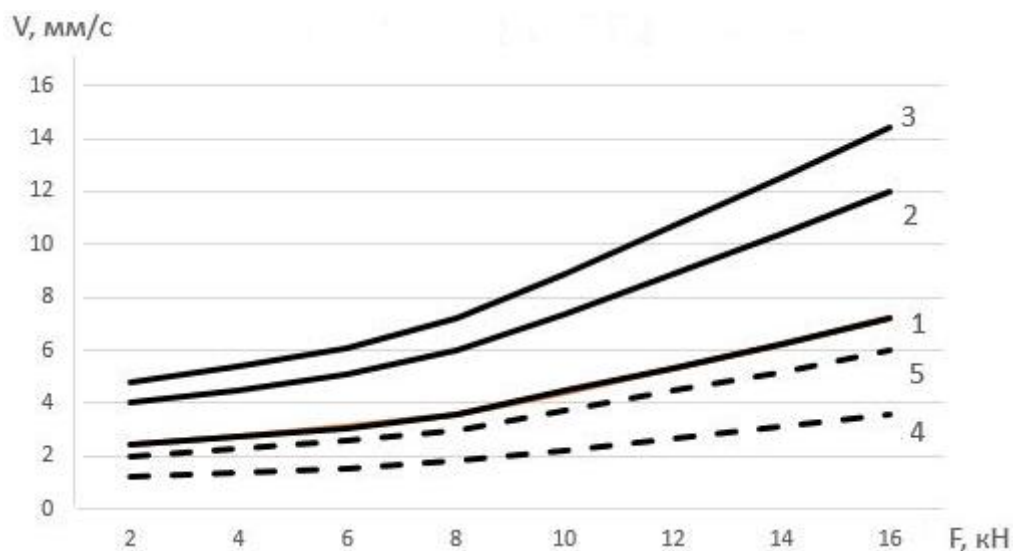


Рисунок 3 – Зависимость скорости бурения головкой 3011.32.00.000 от усилия подачи (линии 1, 2 и 3 – коронка РШ-140, линии 4 и 5 – коронка БУ-43)

Нужно отметить, что скорость бурения этой головкой с коронками типа РШ-140 оказалась значительно выше, чем даже у ударно-вращательной М2. Особенно эта разница заметна на максимальной (третьей) скорости вращения (линия 3). Вместе с тем на этой скорости наблюдался значительный износ инструмента – ресурса одной коронки едва хватало на 1–2 скважины. Но даже на второй скорости (линия 2) производительность вращательной головки была на 50 % выше ударно-вращательной М2 (не говоря уже о 3011.15.01.000). Хотя ресурс коронок по-прежнему был хуже – одна коронка на 4–5 скважин. Но если уменьшить усилие подачи до значения порядка 14 кН, то при снижении скорости бурения примерно на 15 %, выигрыш в ресурсе коронок РШ-140 достигал уже значений, близких к КНШ для ударно-вращательного бурения. При этом скорость бурения оставалась на 25 % выше по сравнению с М2, и на 40 % по сравнению с 3011.15.01.000 (т. е. почти вдвое). Бурение на первой скорости вращения (линия 1) дает такие же значения скорости бурения, как и для головки М2, и не дает какого-либо преимущества, при примерно таком же износе инструмента, что и на второй скорости вращения.

Заметим, что такой результат явился в некотором роде неожиданным. Поскольку до сравнительно недавнего времени бурение столь твердых пород коронками вращательного действия считалось малоэффективным, и предпочтение отдавалось ударно-вращательному бурению. Теперь же, с появлением нового высокопрочного инструмента, возможности применения головок вращательного действия расширяются в область пород с пределом прочности как минимум до 120 МПа.

Таким образом, в результате проведенных испытаний, вместо предполагавшейся ранее комбинации: установка бурильная шахтная УБШ-251/головка бурильная ударно-вращательного действия, шахтой «Калиново-Восточная» объединения ГП «Макеевуголь» был сделан выбор в пользу приобретения данной УБШ, оснащенной головкой только вращательного действия типа 3011.32.00.000 в комплекте с буровыми коронками РШ-140. Наряду с более высокой производительностью такое сочетание обладает еще тем преимуществом, что вращательные головки более просты по конструкции и, следовательно, требуют меньших затрат ресурсов и времени на их обслуживание и ремонт. В дальнейшем, при запуске и опробовании данного оборудования в шахтных условиях, результаты исследования были подтверждены на практике. Небольшая коррекция в сторону снижения усилия подачи (порядка 10 %) была сделана в связи с повышенным нагревом инструмента из-за продувки скважин сжатым воздухом (во время испытаний осуществлялась промывка водой). Тем не менее, это все равно позволило кратно повысить темпы проходки в несколько раз по сравнению с применявшимся ранее методом бурения пневматическими перфораторами – так, участок сбойного штрека длиной 350 м был пройден за месяц, вместо планировавшихся ранее четырех.

Результаты данного исследования носят прикладной характер и могут быть полезны при дальнейших аналитических исследованиях или для проверки адекватности математических моделей.

Выводы

1. Получены экспериментальные зависимости скорости бурения горизонтальных шпуров от усилия подачи для песчаника с пределом прочности 125 МПа при использовании на различных режимах работы двух видов распространенных бурильных головок ударно-вращательного действия (М2 и 3011.15.01.000) и головки 3011.32.00.000 только вращательного действия.

2. Установлено, что применение буровых коронок типа РШ-140 для вращательного бурения позволяет эффективно проводить бурение крепких пород и пород повышенной крепости, что прежде считалось доступным только ударно-вращательным способом. Так же определено, что применение РШ-140 для бурения песчаника более чем на 25 % производительнее по сравнению с коронками типа КНШ для ударно-вращательного бурения.

3. Результаты исследования были учтены при выборе оборудования и инструмента для проведения проходческих работ в условиях шахты «Калиново-Восточная» объединения ГП «Макеевуголь» при содействии и финансировании Министерства угля и энергетики ДНР.

4. Полученные параметры бурения были полностью подтверждены на практике в шахтных условиях, что позволило обеспечить требуемые темпы и выполнение производственных планов по проходке.

Список литературы

1. Горнопроходческие машины и комплексы / Л. Г. Грабчак, В. И. Несмотряев, В. И. Шендеров, Б. Н. Кузовлев. – Москва : Недра, 1990. – 336 с.
2. Иванов, К. И. Техника бурения при разработке месторождений полезных ископаемых / К. И. Иванов. – Москва : Недра, 1987. – 272 с.
3. Мангуш, С. К. Справочник по буровзрывным работам на подземных горных разработках / С. К. Мангуш, А. П. Фисун. – Москва : Недра, 2003. – 344 с.
4. ТУ У 28.9-33577027-004:2017. Установка бурильная шахтная. – 2017. – 29 с.

5. Хоменко, О. Е. Горное оборудование для подземной разработки рудных месторождений. Справочное пособие / О. Е. Хоменко, М. Н. Кононенко, Д. В. Мальцев. – Днепропетровск : Национальный горный университет, 2011. – 448 с.
6. ООО «Новогорловский машиностроительный завод» ТД «НГМЗ-БУР». Продукция предприятия. – Текст : электронный // Укрпром : [сайт]. – URL: <http://www.ukr-prom.com/firm-223/catalog/>.
7. УГМК «Рудгормаш». – Текст : электронный / Продукция. – URL: <http://www.rudgormash.ru/production>.
8. ОАО «Старооскольский механический завод». – Текст : электронный / Продукция. – URL: <http://somz.ru/prod&id>.

С. В. Войцеховский, Н. Н. Сибиковская
Автомобильно-дорожный институт
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка
Повышение эффективности проходческих работ буровзрывным способом
на угольных шахтах Донбасса

Большое прикладное значение для энергетического и угольного комплекса Донбасса имеют исследования, связанные с повышением эффективности темпов проходческих работ при наименьших затратах. В частности, при проходке буровзрывным способом необходимо определить методы и тип бурового оборудования и требуемый инструмент (бурильная установка, головка ударно-вращательного или вращательного действия, буровые коронки).

Для выполнения данной задачи были проведены экспериментальные исследования по бурению горизонтальных скважин в монолите песчаника крепостью 125 МПа различными типами буровых коронок для ударно-вращательного и вращательного действия, и установлены зависимости скорости бурения от усилия подачи при различных режимах скорости вращения и частоты удара. Установлено, что для данного вида пород наилучшим соотношением производительности бурения и экономической эффективности обладают коронки вращательного действия типа РШ-140. Результаты исследования были учтены при приобретении проходческого оборудования и были подтверждены на практике в период эксплуатации данного оборудования в шахтных условиях.

Полученные зависимости могут быть также полезны при дальнейших аналитических исследованиях или для проверки адекватности математических моделей.

БУРЕНИЕ, БУРОВЗРЫВНОЙ СПОСОБ, ПРОХОДЧЕСКИЕ РАБОТЫ, БУРОВЫЕ КОРОНКИ

S. V. Voitsekhovskii, N. N. Sibikovskaia
Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka
Efficiency Improvement of Tunneling Operations Using the Drill and Fire System
in the Donbass Coal Mines

The studies related to the efficiency improvement of tunneling operations at the lowest cost are of great practical importance for the Donbass energy and coal complex. In particular, when tunneling by the drill and fire system, it is necessary to determine the methods and type of drilling equipment and the required tools (drilling device, rotary or rotary impact head, drill bits).

To accomplish this task, the experimental studies on drilling horizontal wells in a sandstone monolith with a strength of 125 MPa using various types of drill bits for percussion-rotary and rotational drilling were carried out, and the dependences of the drilling speed on the haulage pull for various modes of rotation speed and impact frequency were established. It is established that for this type of rock, the best ratio of drilling productivity and economic efficiency is possessed by RSH-140 rotary action bits. The results of the study were taken into account when purchasing tunneling equipment and were confirmed in practice during the operation of this equipment in mine conditions.

The dependences obtained can also be useful in further analytical studies or for testing the adequacy of mathematical models.

DRILLING, DRILL AND FIRE SYSTEM, TUNNELING OPERATIONS, DRILL BITS

Сведения об авторах:

С. В. Войцеховский

Телефон: +38 (071) 427-26-33

Эл. почта: svoytsekhovsky@gmail.com

Н. Н. Сибиковская

Телефон: +38 (071) 352-93-66

Эл. почта: natalinikolaevna0701@gmail.com

Статья поступила 16.05.2022

© С. В. Войцеховский, Н. Н. Сибиковская, 2022

Рецензент: И. В. Шилин, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»