

**К ВОПРОСУ УСТАНОВЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ
ЭЛЕКТРОВРАЩАТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ ШПУРОВ В ПОРОДАХ
ПРОКОПЬЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

М. К. ЦЕХИН

(Представлено научным семинаром кафедр разработки пластовых
месторождений, разработки рудных месторождений, шахтного
строительства, техники безопасности и рудничной вентиляции)

Буровые работы при проведении горизонтальных выработок по породе на шахтах Прокопьевского каменноугольного рудника являются решающим звеном в комплексе проходческих работ. Занимая половину и более времени цикла, они определяют и темпы и стоимость проведения этих выработок.

В процессе исследования выявилось неудовлетворительное состояние буровых работ на шахтах рудника: низкие скорости бурения шпуров по породе, большой расход резцов и буровой стали, нерациональное использование мощности моторов электросверл, несовершенство применяемого сухого способа удаления буровой пыли из шпура и т. п. Установлено также, что основной причиной неудовлетворительного состояния буровых работ является малоэффективное использование колонковых электросверл. Режим работы этих сверл часто не соответствует тем горно-геологическим условиям, в которых осуществляется процесс бурения.

Повышение эффективности буровых работ на шахтах рудника связано, таким образом, с задачей отыскания рациональных режимов работы колонковых электросверл при бурении шпуров по породам различной крепости.

Исследования по вопросам вращательного бурения шпуров и скважин и, в частности, повышения эффективности работы колонковых электросверл не являются новыми. Наоборот, в силу своей актуальности они привлекали и привлекают внимание многих советских и зарубежных ученых и инженеров [1, 2, 3, 4, 5].

Однако среди исследователей до сих пор нет еще единого мнения в отношении путей ускорения буровых работ при электро-вращательном бурении шпуров по различным породам. Остались по существу не выясненными вопросы влияния осевого усилия, числа оборотов и подачи резца за один оборот на скорость бурения, износ резцов и нагрузку на мотор электросверла. Неясным остался и вопрос целесообразности применения промывки шпуров водой. Все это затрудняет установление оптимальных режимов бурения шпуров колонковыми электросверлами с механической подачей шпинделя в производственных условиях.

Изучение закономерностей процесса электровращательного бурения и на основе их установление оптимальных режимов бурения шпуров по породам, характерным для Прокопьевского месторождения, было основной задачей исследования. Решение этой задачи позволяет повысить производительность труда горнорабочих и темпы проходки выработок, оказывает значительное влияние на интенсивность и экономику разработки месторождения.

Основные экспериментальные исследования с целью установления закономерностей процесса бурения и выявления оптимальных режимов работы электросверл были проведены в полевом штреке пласта Характерного и в квершлагах № 11 шахты имени М. И. Калинина треста «Прокопьевскуголь». Дополнительные наблюдения, связанные главным образом с установлением оптимальных режимов бурения и выбором рациональных комплектов шпуров, проводились в квершлагах № 2 шахты «Черная гора» и в выработках околоствольного двора шахты имени К. Е. Ворошилова.

Для исследования были отобраны наиболее характерные по крепости и структуре породы Прокопьевского месторождения: от труднобуримого грубозернистого кварцевого песчаника кровли пласта Характерного до слабого углистого аргиллита включительно.

Для бурения шпуров в указанных выше породах использовались новые, не бывшие ранее в употреблении, колонковые электросверла марки ЭБК-2М. Кинематическая схема сверла показана на рис. 1.

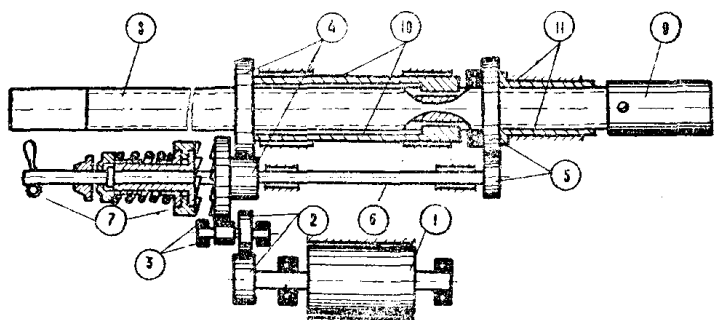


Рис. 1. Кинематическая схема электросверла ЭБК-2М.

- 1—электромотор; 2—шестерни роторной пары; 3—промежуточная пара; 4—пара вращения шпинделя; 5—пара подачи шпинделя; 6—промежуточный валик; 7—фрикционный механизм; 8—шпиндель; 9—патрон для укрепления бура; 10—втулка вращения шпинделя; 11—гайка подачи шпинделя

Число оборотов шпинделя изменялось от 125 до 600 в минуту путем замены роторной и средней пар шестерен редуктора.

Подача шпинделя за один оборот регулировалась от 0,9 до 4,4 мм/об посредством замены пары подачи шестернями, изготовленными для этой цели в механических мастерских треста «Прокопьевскуголь».

Предельное осевое усилие подачи шпинделя изменялось от 200 до 1100—1200 кг путем сжатия специально подготовленной для целей исследования пружины фрикционного механизма. Для тарировки ее на заданное максимально возможное осевое усилие использовались пружинный динамометр и изготовленный для этой цели станок с масляным манометром.

Нагрузка на мотор электросверла замерялась ваттметром типа ВИТ. Машинное время бурения устанавливалось по секундомеру.

При экспериментальном бурении шнуров с промывкой использовались полый шпindel, полые шестигранного сечения буровые штанги и насосная установка.

Каждый опыт повторялся обычно не менее пяти раз. В отдельных случаях число повторений опыта доходило до 7—8. В результате каждого наблюдения устанавливались:

а) количество пог. единиц (м, см) шнуров, пробуренных резцом до его затупления (работоспособность резца);

б) средние значения скорости бурения и нагрузки на мотор электросверла за период от начала бурения до прекращения внедрения резца в породу.

Окончательный результат каждого опыта устанавливался как среднее арифметическое из всех признанных годными наблюдений.

В ходе исследований, проведенных в условиях подземных работ, с известной точностью удалось выявить основные закономерности процесса вращательного бурения шнуров по породам Прокопьевского месторождения.

Установлено, что скорость бурения по чистому машинному времени при различных значениях осевых усилий возрастает с увеличением числа оборотов шпинделя. Однако возрастание это несколько отстает от роста числа оборотов, что особенно характерно для процесса бурения шнуров в крепких песчаниках (рис. 2).

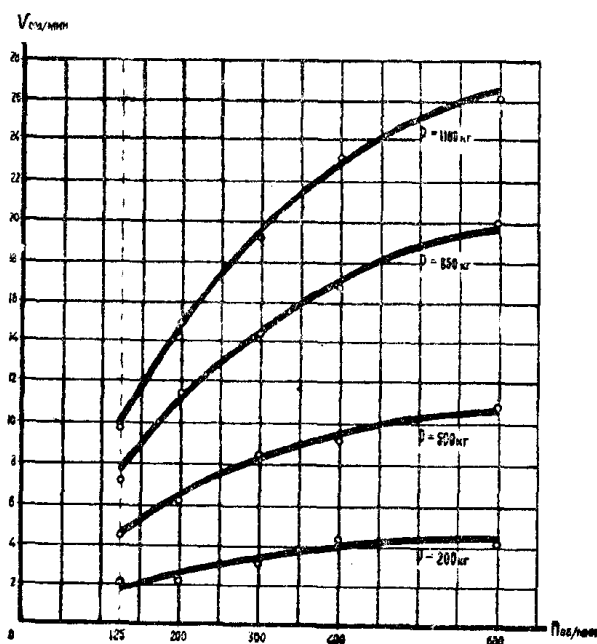


Рис. 2. Характер зависимостей скорости бурения шнуров (V) от числа оборотов (n) в грубозернистом кварцевом песчанике при различных осевых усилиях (P) и удельной подаче в 0,9 мм/об

Оптимальное, с точки зрения получения наибольшей скорости по чистому машинному времени, значение числа оборотов растет с понижением крепости и абразивности горной породы и падает с уменьшением величины осевого давления.

Нагрузка на мотор электросверла с увеличением числа оборотов шпинделя также возрастает (рис. 3). Это возрастание в исследованных пределах (до 600 об/мин) несколько отстает от роста числа оборотов.

Работоспособность резца с увеличением числа оборотов снижается (рис. 4). Уменьшение ее особенно заметно при бурении шпуров в грубозернистом кварцевом песчанике, отличающемся высокой абразивностью.

Повышение осевого усилия в пределах, допустимых по механической прочности резца и буровой установки, вызывает увеличение скорости бурения, работоспособности резца и потребляемой мощности. При этом возрастание указанных величин несколько обгоняет увеличение осевого давления.

Увеличение удельной подачи шпинделя за один оборот, независимо от принятого числа оборотов, повышает скорость бурения по чистому машинному времени (рис. 5). Удельная энергоемкость процесса бурения шпуров при этом снижается.

Работоспособность резца достигает максимума при определенном оптимальном для данной породы значении удельной подачи. С уменьшением твердости и абразивности буримой породы наиболее выгодное с точки зрения получения наибольшей работоспособности резца значение величины удельной подачи шпинделя возрастает.

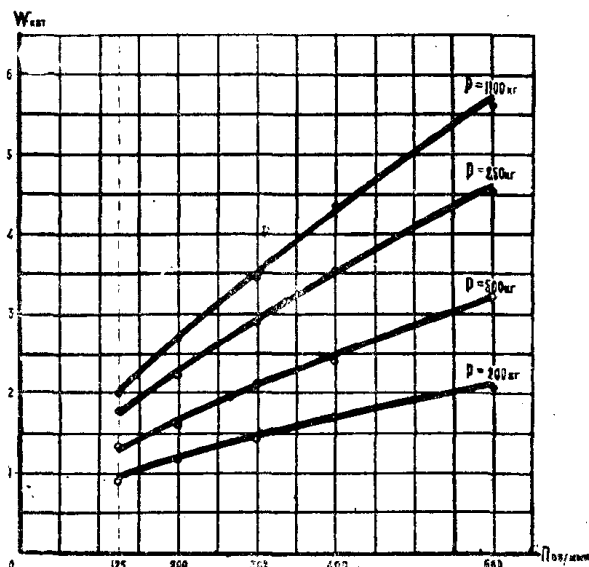


Рис. 3. Характер зависимостей нагрузки на мотор электросверла ($W_{эл}$) от числа оборотов (n) в грубозернистом кварцевом песчанике при различных осевых усилиях (P) и удельной подаче в 0,9 мм/об.

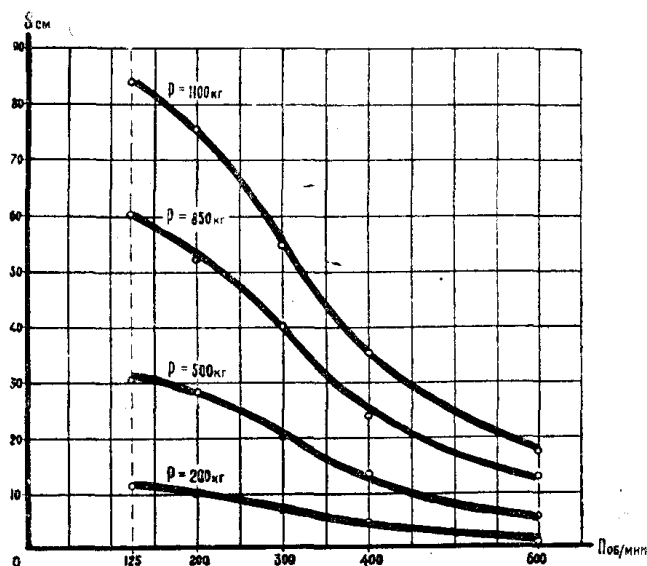


Рис. 4. Характер изменения работоспособности резцов (S) от числа оборотов (n) в грубозернистом кварцевом песчанике при различных осевых усилиях (P) и удельной подаче в 0,9 мм/об.

Установлено, что энергоемкость бурения шпуров уменьшается с увеличением как осевого усилия, так и удельной подачи шпинделя.

С увеличением числа оборотов она имеет наименьшую величину при 200—300 об/мин при бурении шпуров в крепком грубозернистом песчанике и приближается к минимуму при 600 об/мин в процессе бурения мелкозернистого песчаника средней крепости (рис. 6).

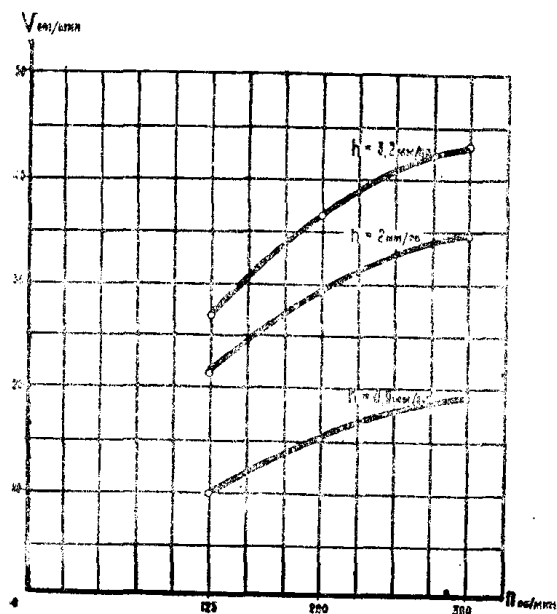


Рис. 5. Характер изменения скорости бурения шпуров от числа оборотов в грубозернистом кварцевом песчанике при различных удельных подачах шпинделя

Выявлено также, что показатели скорости бурения по чистому машинному времени не могут служить единственным критерием при выборе оптимального режима бурения шпуров, особенно в крепких сильно абразивных породах. Из графика, показанного на рис. 7, отражающего затраты общего времени бурения одного пог. м шпура в крепком грубозернистом песчанике, видно, насколько невыгодно бурить в этих условиях с удельной подачей в 3,2 мм/об при 300 оборотах в минуту шпинделя, хотя по чистому времени бурения этот режим является безусловно выгодным. Также невыгодным в этих условиях оказался и режим 600 оборотов шпинделя в минуту с удельной подачей 0,9 мм/об.

При выборе оптимальных режимов бурения выявилась целесообразность учитывать также изменения в стоимости одного пог. м шпура по основным переменным показателям (основная зарплата бурильщикам и амортизация резов).

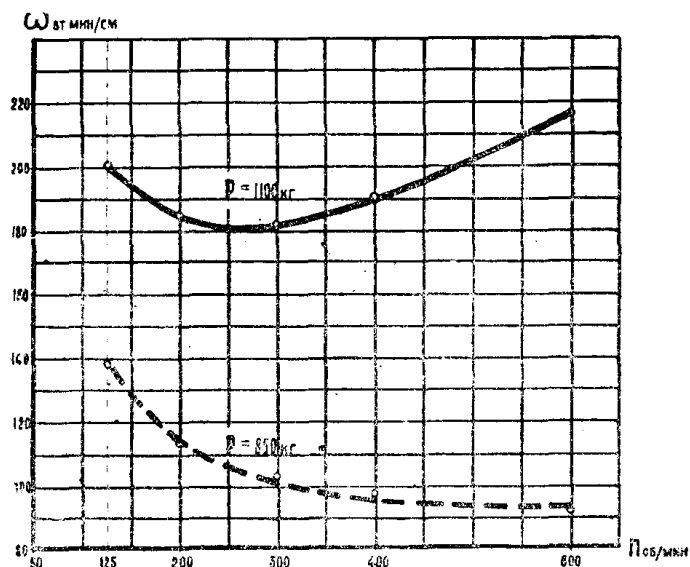


Рис. 6. Изменение энергоемкости бурения шпуров от числа оборотов при удельной подаче шпинделя в 0,9 мм/об и усилиях подачи в 1100 кг — для грубозернистого и 850 кг — для мелкозернистого песчаника

Как видно из графика (рис. 8), режим с числом оборотов в минуту $n = 300$ и удельной подачей шпинделя за один оборот $h = 3,2$ мм для крепкого грубозернистого песчаника оказался крайне нерациональным и с точки зрения стоимости буровых работ. Невыгодным в этом отношении оказался также режим при $n = 300$ об/мин и $h = 4,4$ мм/об для мелкозернистого песчаника средней крепости, хотя именно при этих режимах мы получаем наиболее высокие показатели скорости бурения по чистому машинному времени.

В ходе исследований выявлено, что крепость, твердость и абразивность пород оказывают совместное влияние на основные показатели вращательного бурения и определяют буримость породы. Ни временное сопротивление сжатию, ни твердость без учета влияния абразивности не могут служить показателями буримости песчаных и песчано-глинистых пород Прокопьевского месторождения, обладающих высокой абразивностью.

Установлено, что применение промывки шпуров водой (или водными растворами понизителей крепости пород) обеспечивает повышение эффективности и безопасности буровых работ и является

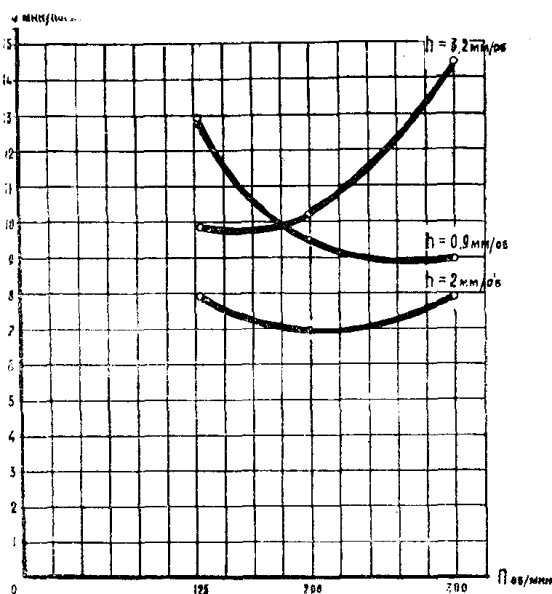


Рис. 7. Характер изменения общего времени бурения 1 пог. м шпура в грубозернистом песчанике с увеличением числа оборотов при осевом усилии в 1100 кг и удельных подачах в 0,9; 2,0 и 3,2 мм/об

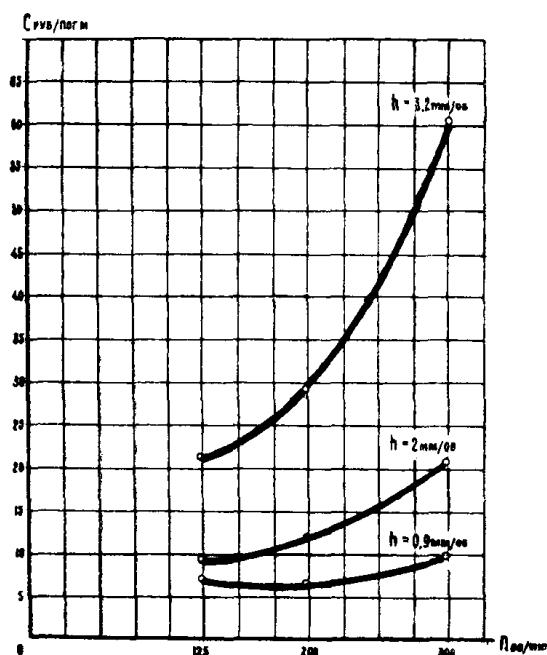


Рис. 8. Зависимость стоимости 1 пог. м шпура от числа оборотов при бурении шпуров в грубозернистом песчанике с усилием подачи в 1100 кг

крайне важным мероприятием. Промывка увеличивает скорость бурения и повышает работоспособность резцов, снижает энергоемкость процесса и стоимость буровых работ. Она позволяет с большим эффектом бурить шпур, независимо от угла их наклона и длины, при любой максимально выгодной для данной породы удельной подаче шпинделя. С введением промывки появляется возможность замены витых буровых штанг более выгодными и безопасными штангами шестигранного сечения, снижается запыленность призабойного воздуха силикозоопасной пылью.

Проведенные исследования показали, что принцип механической, ограниченной оптимальными пределами удельной подачи шпинделя для условий бурения шпуров в породах Прокопьевского месторождения является целесообразным. Рациональность применения этого принципа определяется:

а) автоматичностью регулирования осевого давления при изменении свойств буримых пород и степени затупления резца;

б) возможностью эффективного и безопасного для резца и буровой установки применения повышенного усилия подачи (до 1000—1200 кг) при бурении разнородных по крепости слоистых пород, столь часто встречающихся на шахтах рудника.

Вместе с этим в процессе исследования установлено, что применяемые в настоящее время на шахтах рудника электросверла ЭБК—2М мощностью 2,7 кВт, работающие без промывки шпуров водой, с усилием подачи, не превышающем 600 кг, и удельной подачей шпинделя 0,9 мм/об малопродуктивны и требуют конструктивного улучшения. Выявлена необходимость приспособить изготавливаемые в настоящее время сверла ЭБК-2М к промывке, улучшить конструкцию их фрикционного механизма и редуктора с учетом возможности настройки сверла на эффективные режимы бурения.

В результате проведенных исследований и анализа выявленных закономерностей электровращательного бурения шпуров по песчаным и песчано-глинистым породам установлено, что показатели эффективности этого процесса в значительной мере определяются соответствием применяемого режима бурения физико-механическим свойствам пород и, в частности, их крепости, твердости и абразивности.

Изучение процесса бурения шпуров в наиболее характерных для Прокопьевского месторождения породах позволило разработать классификацию их по буримости [8] и установить соответствующие им оптимальные режимы работы электросверл с промывкой шпуров водой.

Для каждой породы, имеющей определенные показатели буримости, установлен такой режим работы сверла, при котором высокая скорость как по чистому, так и по общему времени бурения соответствует минимальной энергоемкости и наименьшим затратам средств на бурение единицы длины шпура.

При бурении шпуров с промывкой конструктивно улучшенными электросверлами ЭБК-2М с мотором мощностью в 2,7 кВт в качестве рациональных предлагаются режимы, показанные в таблице 1.

Анализ проведенных исследований показывает также, что наиболее высокие результаты при бурении шпуров колонковыми электросверлами могут быть достигнуты, если мощность электромоторов на этих сверлах довести до 3,2—3,5 кВт. В этом случае в указанных выше режимах осевое усилие и удельная подача шпинделя остаются прежними. Что же касается числа оборотов, то они должны быть несколько увеличены: до двухсот—для пород первой

и второй категорий, до трехсот—для пород третьей категории и до четырехсот—для пород четвертой и пятой категорий.

Внедрение предлагаемых оптимальных режимов бурения в сравнении с применяемыми на руднике позволяет увеличить скорость

Таблица 1

Категория буримости пород [8]	Степень буримости	Режим бурения		
		число оборотов, об/мин	удельная подача шпинделя, мм/об	осевое усилие, кг
I	Особенно трудно буримые породы	125	0,9	1100—1200
II	Труднобуримые породы	125	2,0	1000—1100
III	Породы средней буримости	200	2,0	800—900
IV	Довольно легко буримые породы	300	3,2	500—600
V	Легкобуримые породы	300	4,4	500

бурения по чистому машинному времени в 2,4—12,5 раза, повысить работоспособность резцов в 1,1—7,2 раза, снизить энергоемкость процесса бурения в 1,5—4,5 раза и уменьшить стоимость одного метра пробуренного шпура в среднем в 4,9 раза. Только за счет увеличения технической скорости бурения, без учета имеющихся возможностей сокращения затрат времени на подготовительно заключительные и вспомогательные операции, общие затраты времени на буровые работы в проходческом цикле могут быть снижены на 33—45%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов В. Г. Сверление шпуров, Металлургиздат, 1947.
2. Шрейнер Л. А. Физические основы механики горных пород, Гостоптехиздат, 1950.
3. Бучнев В. К. Буровзрывные работы, Углетехиздат, 1953.
4. Имас А. Д., Азарх В. Л. Определение режимов бурения горных пород Углетехиздат, 1952.
5. Alpan H. S. Factors affecting the speed of peactration of Bits in electric drilling, „The Institution of Mining Engineers.“ Transactions. Vol. 109. London. 1950.
6. Sievers, Hans. Die Bestimmung des Bohrewiderstandes von Gesteinen, „Glückauf Heft 37 38, 1950.
7. Barth, Rudolf. Untersuchungen zur Ermittlung der erforder lichen Maschinenleistung und der Beanspruchung des Gerats Bein drehenden. Bohren grosser Bohrlöcher in Karbongesteinen, „Glückauf“, Heft 3,4, 1951.
8. Цехин М. К. К вопросу о классификации пород Прокопьевского месторождения по буримости, Известия Томского ордена Трудового Красного Знамени политехнического института имени С. М. Кирова, том 93, 1958.