

О ПАРАМЕТРАХ И КОЛИЧЕСТВЕ БУРИЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ УСТАНОВКИ НА БУРОВЫХ ТЕЛЕЖКАХ

О. Д. Алимов, П. А. Самойлов

В последнее время в технической литературе [1—4], посвященной технике проведения горизонтальных подготовительных выработок в горных породах средней и высокой крепости, многие исследователи и производственники высказываются о необходимости создания в ближайшее время более совершенных, чем существующие, буровых тележек. Для уменьшения времени, затрачиваемого на обустройство забоя, и увеличения производительности труда рабочих такие тележки должны быть оборудованы мощными бурильными машинами, установленными на поддерживающе-подающих приспособлениях (манипуляторах и автоподатчиках) с механизированным приводом. Эти положения разделяют все авторы, высказывающиеся в пользу буровых тележек.

Что же касается конкретных вопросов о типе, необходимой мощности бурильных машин и о целесообразном количестве их на одной буровой тележке, то на это в известной нам литературе не дается ответа. Правда, в литературе имеется ряд предложений о количестве бурильных машин на буровой тележке, но и они приводятся без достаточных обоснований. В подтверждение этого отметим лишь, что различными исследователями для одних и тех же условий рекомендуется создавать буровые тележки с числом бурильных машин от 1 до 20.

В данной статье приводятся некоторые результаты исследований авторов по данному вопросу применительно к проведению откаточных выработок в горнотехнических условиях рудников Горной Шории.

Тип и основные характеристики бурильных машин для буровых тележек

На рудниках Горной Шории большинство откаточных выработок однопутевые, сечением 6,5—9 м², проводятся они по горным породам с коэффициентом крепости $f = 9 \div 14$ по шкале

проф. М. М. Протодьяконова. В ряде случаев встречаются горные породы крепостью 16—18. Двухпутевые выработки сечением 12—14 м² проводятся реже.

Шпуры обычно бурят глубиной 1,8—2,2 м. Большая глубина их не практикуется, так как при существующей на этих рудниках механизации бурения шпуров на обустройство забоя должно затрачиваться более смены, что усложняет организацию проходческих работ.

Для бурения шпуров в этих горных породах можно использовать машины ударно-поворотного действия (пневматические бурильные молотки) и вращательно-ударного действия. Последние в виде опытных образцов появились в зарубежной практике сравнительно недавно и промышленностью СССР пока не освоены. Поэтому при создании буровых тележек в ближайшее время мы считаем целесообразным применить для установки на них, хорошо зарекомендовавшие себя в практике пневматические машины ударно-поворотного действия. Вопрос о целесообразности применения буровых тележек с машинами вращательно-ударного действия можно решить только после всестороннего изучения этого способа бурения.

Одним из основных показателей эффективной работы бурильной машины и ее установочно-подающего устройства является минимальная затрата времени на обустройство забоя.

Продолжительность бурения каждого шпура в забое, зависящая, как известно, от глубины шпура, машинной скорости бурения и затрат времени на вспомогательные и подготовительно-заключительные операции, может быть записана

$$t = t_1 + t_2 + \frac{T_{п.з}}{n_{ш}} \text{ мин.}, \quad (1)$$

где $t_1 = \frac{l_{ш}}{v}$ — машинное время бурения одного шпура, мин.;

$l_{ш}$ — глубина шпура, м;

v — машинная скорость бурения, м/мин;

t_2 — время на вспомогательные операции, отнесенное к одному шпуру, мин.;

$T_{п.з}$ — затраты времени на подготовительно-заключительные операции, мин.;

$n_{ш}$ — число шпуров в комплекте, обустраиваемом одной машиной.

Затраты времени на бурение одного шпура глубиной 2 и 3 м в зависимости от машинной скорости бурения, рассчитанные по формуле (1), приведены на рис. 1. Расчеты проведены для двух различных величин затрат времени на вспомогательные и подготовительно-заключительные операции, отнесенных к одному шпуру $t_2 = t_2 + \frac{T_{п.з}}{n_{ш}}$, а именно: $t_2 = 7,0$ мин. и $t_2 = 4,0$ мин. Причем

первая величина суммарных затрат получена на основе хронометражных наблюдений за работой буровых тележек типа БТ-3

на рудниках Горной Шории [1], а вторая — принята ориентировочно, с учетом возможности уменьшения продолжительности вспомогательных операций за счет применения длинноходовых автоподатчиков и более совершенных манипуляторов с электрическим или гидравлическим приводом механизмов их подъема и поворота.

Согласно рис. 1, время, затрачиваемое на бурение одного шпура, уменьшается с увеличением машинной скорости бурения.

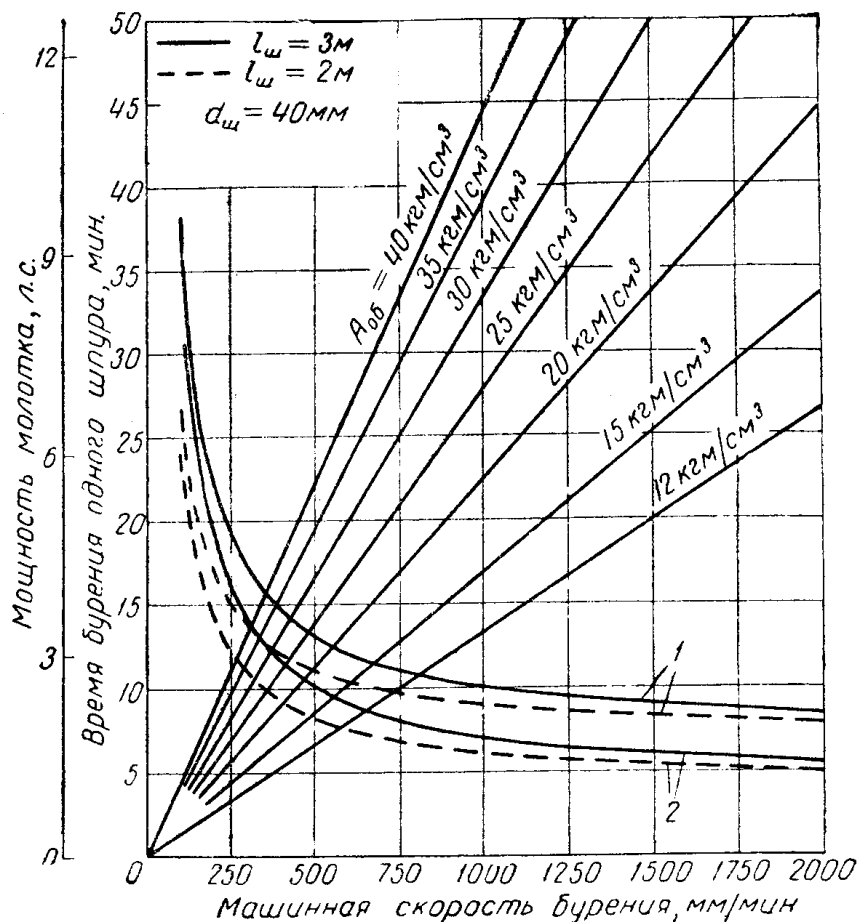


Рис. 1. Зависимость продолжительности бурения одного шпура и мощности бурильной машины от скорости бурения: 1 — продолжительность бурения при $t_3 = 7$ мин.; 2 — продолжительность бурения при $t_3 = 4$ мин.

При этом наиболее эффективное влияние скорости на снижение продолжительности бурения шпура наблюдается при увеличении скорости бурения лишь до 1200 мм/мин при глубине шпура 2 м и лишь до 1500 мм/мин при бурении шпуров глубиной 3 м. Дальнейшее увеличение скорости бурения не оказывает существенного влияния на общие затраты времени на бурение одного шпура.

Бурение шпура с той или иной скоростью требует определенных затрат мощности [5]. Затраты мощности на бурение могут быть определены по формуле

$$N = \frac{A_{об} v \pi d_{ш}^2}{60 \cdot 75 \cdot 4 \cdot 10} = \frac{A_{об} v d_{ш}^2}{57320} \text{ л. с.}, \quad (2)$$

где $A_{об}$ — объемная работа разрушения, $кгм/см^3$;
 v — машинная скорость бурения, $мм/мин$;
 $d_{ш}$ — диаметр шпура, $см$.

Объемная работа разрушения зависит от крепости горной породы, геометрии бурового инструмента и способа бурения. Согласно нашим исследованиям [6], средняя величина объемной работы разрушения для горных пород, характерных для рудников Горной Шории, при ударно-поворотном бурении однодолотчатыми коронками диаметром 40—46 $мм$, составляет $A_{об} = 16—22 кгм/см^3$ при крепости горных пород $f = 9 ÷ 14$ и $A_{об} = 25—30 кгм/см^3$ при $f = 16 ÷ 18$.

Определенные по формуле (2) значения мощности для случая бурения шпуров диаметром 40 $мм$ нанесены на рис. 1. Согласно рисунка, величина необходимой мощности бурильной машины с повышением скорости бурения увеличивается и тем интенсивней, чем больше величина энергоемкости. Для достижения скоростей бурения шпуров 1200—1500 $мм/мин$, например в горных породах с $f = 9 ÷ 18$ ($A_{об} = 16 ÷ 30 кгм/см^3$), величина мощности бурильной машины должна составлять 5,5—12 л. с.

Как известно, мощность, развиваемая бурильной машиной ударно-поворотного действия, определяется по формуле

$$N = \frac{An}{75 \cdot 60} \text{ л. с.}, \quad (3)$$

где A — кинетическая энергия поршня-ударника перед соударением с буром, $кгм$;

n — число ударов поршня-ударника в минуту.

Ввиду того, что мощность бурильного молотка прямо пропорциональна произведению An , обоснование скоростей бурения, которые могут обеспечивать бурильные машины, установленные на буровой тележке, должно начинаться с выявления возможных значений энергии и числа ударов бурильных молотков.

Современные пневматические бурильные молотки при работе с давлением воздуха 4—6 $ати$ развивают энергию удара от 3 до 8,0 $кгм$ и число ударов от 1400 до 3600 в минуту.

Согласно исследованиям механизма разрушения горных пород [6—8], при бурении шпуров диаметром 40—46 $мм$ в горных породах средней и высокой крепости увеличение энергии удара с 3,5 до 20—25 $кгм$ не приводит к сколько-нибудь существенному увеличению объемной работы разрушения. Поэтому увеличение энергии удара молотка с 3,0—8,0 до 20—25 $кгм$ при сохранении одной и той же частоты ударов позволило бы увеличить скорость бурения в 3—6 раз. Препятствием к осуществлению этого в настоящее время является недостаточная стойкость бурового инструмента. Качество материала и применяемая на шахтах и рудниках технология изготовления инструмента, видимо, не позволят в ближайшие годы увеличить энергию удара бурильных мо-

лотков свыше 7—8,0 кгм. Следовательно, увеличение мощности бурильных машин этого типа может быть достигнуто за счет повышения частоты ударов. Необходимая частота ударов при различных заданных мощностях и величинах энергии единичного удара приведена на рис. 2, где видно, насколько большей должна быть частота ударов вновь создаваемых бурильных молотков для того, чтобы обеспечить их мощность 5,5—12 л. с.

Результаты наблюдения за процессом внедрения бура в горную породу при работе современных бурильных молотков [8] поз-

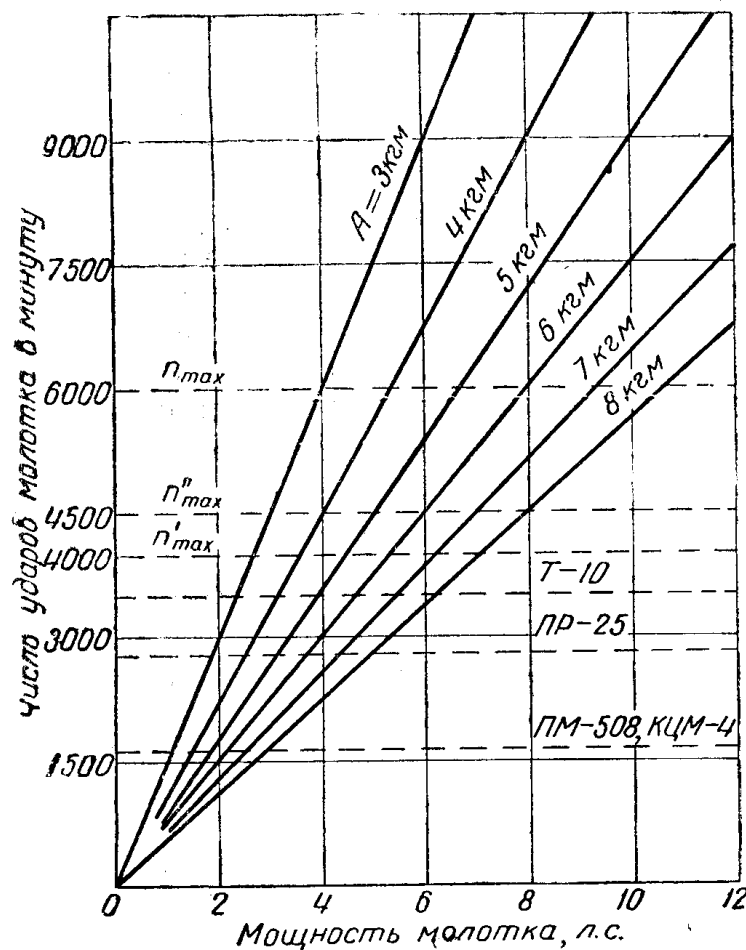


Рис. 2. Зависимость мощности бурильного молотка от числа и энергии ударов.

воляют предполагать, что процесс взаимодействия бура с горной породой качественно не изменится и величина объемной работы разрушения останется постоянной при увеличении частоты ударов бурильных молотков до 6000 в минуту (при энергии удара свыше 3,0 кгм и длине бура 2 м). Это число ударов на рис. 2 и принято за максимальное (n_{max}), к которому при создании новых бурильных молотков следует стремиться. Заметим, что современные бурильные молотки типа ПМ-508, КЦМ-4, выпускаемые серийно, имеют частоту порядка 1600 ударов в минуту при энергии уда-

ра 3,5—6 кгм. В последние годы промышленностью выпущены ручные высокочастотные молотки с числом ударов 2600—3600 в минуту.

Исследования внутренних процессов высокочастотных молотков, проведенные на кафедре горных машин и рудничного транспорта Томского политехнического института В. Ф. Горбуновым [9], показали, что число ударов высокочастотных молотков, работающих по схеме с отдельным золотниковым распределением (типа ПР-25, РН-754), возможно увеличить до $n_{\max}^I = 4000$ уд/мин, а для молотков, работающих по схеме беззолотниковых молотков (типа Т-10), до $n_{\max}^{II} = 4500$ уд/мин. Этой величиной частоты ударов на рис. 2 ограничена область, в которой необходимая мощность молотка может быть обеспечена наиболее простыми по конструкции машинами — пневматическими бурильными молотками с одним рабочим поршнем.

Увеличение частоты свыше 4000—4500 уд/мин при сохранении рабочего давления воздуха 4—6 *ати* потребует, видимо, коренного изменения конструкции бурильных молотков. Одним из возможных направлений для осуществления этого является создание двухпоршневых бурильных молотков, у которых удары по буровому инструменту наносятся поочередно двумя свободно движущимися поршнями. В последние годы такие ударные узлы создаются для машин вращательно-ударного действия, частота ударов которых достигает 6000 в минуту. Широкого распространения в практике эти ударные узлы не получили ввиду сложности изготовления и малой надежности в эксплуатации. Основным недостатком подобных машин является малая прочность ударных узлов, несмотря на то, что энергия единичного удара не превышает 3—4 кгм.

Исходя из изложенного, мы считаем, что для оборудования буровых тележек, которые будут создаваться в ближайшие годы для проведения выработок в крепких горных породах, необходимо ориентироваться на однопоршневые бурильные молотки, тщательно подобрав их характеристики и отработав конструкции. Одновременно следует проводить научно-исследовательские и конструкторские работы с целью создания для буровых тележек надежных в работе ударных машин с частотой ударов до 6000 в минуту.

Принимая во внимание высказанные выше соображения, для работы с буровых тележек можно рекомендовать бурильные машины со следующими параметрами ударных узлов: энергии удара $A = 5—8$ кгм и число ударов $n = 4000—4500$ уд/мин.

При этих величинах энергии и частоты ударов величина мощности машины (рис. 2) увеличится до $N = 5,0—7,0$ л. с. в сравнении с 2,0—2,1 л. с. у молотка КЦМ-4.

В табл. 1 приведены результаты расчетов продолжительности бурения одного шпура в горных породах $f = 9 \div 18$ при исполь-

зовании бурильных машин рекомендуемой нами мощности. Расчеты проведены с помощью номограммы, приведенной на рис. 1.

Показатели	Коэффициент крепости горной породы по шкале проф. М. М. Протодяконова	
	$f=9\div 14$	$f=16\div 18$
Объемная работа разрушения, $кг/см^3$	16—22	25—30
Энергия удара, $кгм$	5,0—8,0	5,0—8,0
Число ударов, уд/мин	4000—4500	4000—4500
Ударная мощность, $л. с.$	5,0—7,0	5,0—7,0
Скорость бурения, $\frac{мм}{мин}$	810—1550	600—1000
Продолжительность бурения шпуров глубиной 2 м:	250—340	250—340
а) при $t_3 = 7$ мин., $\frac{мин}{\%*}$. . .	$\frac{8,7-9,5}{76-70}$	$\frac{9,0-10,4}{65-66}$
б) при $t_3 = 4$ мин., $\frac{мин}{\%*}$. . .	$\frac{5,2-6,4}{61-62}$	$\frac{5,8-7,5}{52-60}$
Продолжительность бурения шпуров глубиной 3 м:		
а) при $t_3 = 7$ мин., $\frac{мин}{\%*}$. . .	$\frac{8,9-11}{65-69}$	$\frac{9,8-12,2}{56-61}$
б) при $t_3 = 4$ мин., $\frac{мин}{\%*}$. . .	$\frac{5,9-7,8}{55-59}$	$\frac{6,8-8,9}{47-55}$

Примечание. Таблица составлена для бурения шпуров диаметром 40 мм.

* За 100% принята скорость и продолжительность бурения шпура бурильным молотком КЦМ-4.

По данным, приведенным в таблице, видно, что увеличение мощности бурильной машины в 2,5—3,3 раза позволит пропорционально повысить скорость бурения и уменьшить общую продолжительность бурения одного шпура глубиной 2 м в 1,3—1,5 раза. Если же дополнительно снизить затраты времени t_3 с 7 до 4 мин. путем улучшения конструкций податчиков и манипуляторов, то продолжительность бурения одного шпура снизится в 2,1—2,2 раза. При увеличении глубины шпуров до 3 м эффект от указанных мероприятий будет еще большим.

Количество бурильных машин на буровой тележке

Изучение передового отечественного и зарубежного опыта проведения горизонтальных выработок показывает, что вследствие низких скоростей бурения, которые могут обеспечить существующие бурильные машины ударно-поворотного действия, уменьшение продолжительности обуривания забоя подготовительных

выработок достигается в основном за счет увеличения количества одновременно работающих машин. При скоростных методах проведения выработок число бурильных машин, установленных в одном забое, достигает 10—12 [10]. При этом на одну бурильную машину приходится всего 0,9—1,5 м² площади обрабатываемого забоя. Большое количество одновременно работающих машин и обслуживающих их рабочих на небольшой рабочей площади создает неблагоприятные условия для работы бурильщиков и снижает их производительность.

В связи с этим можно предполагать, что создание бурильных машин, обеспечивающих большие скорости бурения, и снижение затрат времени на подготовительно-заключительные и вспомогательные операции позволит получать высокие скорости проведения выработок с меньшими затратами труда.

Общие затраты времени на обустройство забоя могут быть определены по формуле

$$T = T_{п.з} + \frac{l'_{ш} n'_{ш}}{v_1 m_1} \text{ мин.}, \quad (4)$$

где $l'_{ш}$ — средняя глубина шпура по паспорту буровзрывных работ для данного забоя, м;

$n'_{ш}$ — количество шпуров на забой;

m_1 — количество бурильных машин, работающих в забое;

v_1 — скорость бурения по общим затратам времени, т. е. с учетом как затрат времени на собственно бурение шпура, так и затрат времени на вспомогательные операции, м/мин

$$v_1 = \frac{l'_{ш}}{t_1 + t_2} = \frac{l'_{ш} v}{l'_{ш} + t_2 v}. \quad (5)$$

Графические зависимости скорости бурения по общим затратам времени от величины машинной скорости бурения и затрат времени на вспомогательные работы для рассматриваемых нами случаев приведены на рис. 3.

Согласно рис. 3, увеличение машинной скорости бурения выше 1000—1250 мм/мин при значительных затратах времени на вспомогательные работы ($t_2 = 5$ мин.) и глубине шпура 2 м не приводит к существенному увеличению скорости бурения по общим затратам времени и поэтому вряд ли целесообразно. В то же время при меньших вспомогательных затратах ($t_2 = 2,5$ мин.) и глубине шпура 3 м скорость бурения по общим затратам времени существенно увеличивается при повышении машинной скорости до 2000 мм/мин и более. При реализации наших рекомендаций по созданию бурильных молотков мощностью 5,0—7,0 л. с. (см. таблицу) и снижении затрат времени на вспомогательные работы до $t_2 = 2,5$ мин. можно обеспечить скорость бурения по

общим затратам времени до 540 мм/мин при горных породах с $f = 16 \div 18$ и до 680 мм/мин — при $f = 9 \div 14$.

Результаты расчетов общей продолжительности бурения шпуров в забое однопутевой выработки, произведенные по формуле (4), при $l'_{ш} = 3$ м, $n'_{ш} = 30$ шпуров и $T_{п.з} = 50$ мин., приведены на рис. 4.

Из рис. 4 видно, что общие затраты времени на обустройство шпуров в забое существенно сокращаются лишь при увеличении

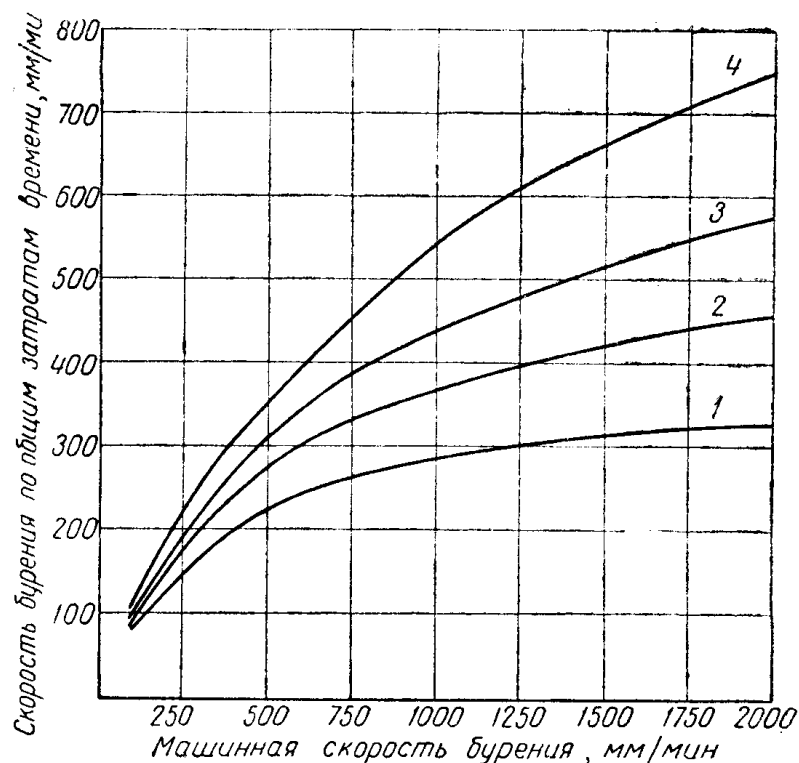


Рис. 3. Зависимость скорости бурения по общим затратам времени от машинной скорости бурения:

1 — $t_2 = 5$ мин., $l'_{ш} = 2$ м; 2 — $t_2 = 5$ мин., $l'_{ш} = 3$ м; 3 — $t_2 = 2,5$ мин.; $l'_{ш} = 2$ м; 4 — $t_2 = 2,5$ мин.; $l'_{ш} = 3$ м.

количества бурильных машин до 4—5 и скорости бурения по общим затратам времени до 0,5—0,6 м/мин. Дальнейшее увеличение количества бурильных машин при $v_1 = 0,5—0,6$ м/мин не может значительно сократить общее время, необходимое для обустройства забоя. Аналогичные результаты получены нами и при $l'_{ш} = 2$ и 2,5 м.

Следует к тому же заметить, что все расчеты при построении графических зависимостей (рис. 4) производились исходя из предположения, что затраты времени на вспомогательные и подготовительно-заключительные операции будут одинаковые по величине, независимо от количества бурильных машин и обеспечиваемой скорости бурения. В действительности же с увеличением количества бурильных машин, установленных на одной буровой

тележке, свыше четырех, очевидно, будут увеличиваться и затраты времени на подготовительно-заключительные операции. Кроме того, для увеличения скорости бурения потребуется применять более мощные и тяжелые бурильные машины, что приведет к дополнительному увеличению затрат времени на вспомогательные операции и, естественно, уменьшит эффект от применения большого количества мощных бурильных машин.

Учитывая сказанное, мы считаем, что для обеспечения минимальных затрат времени на обустройство забоя однопутевой вы-

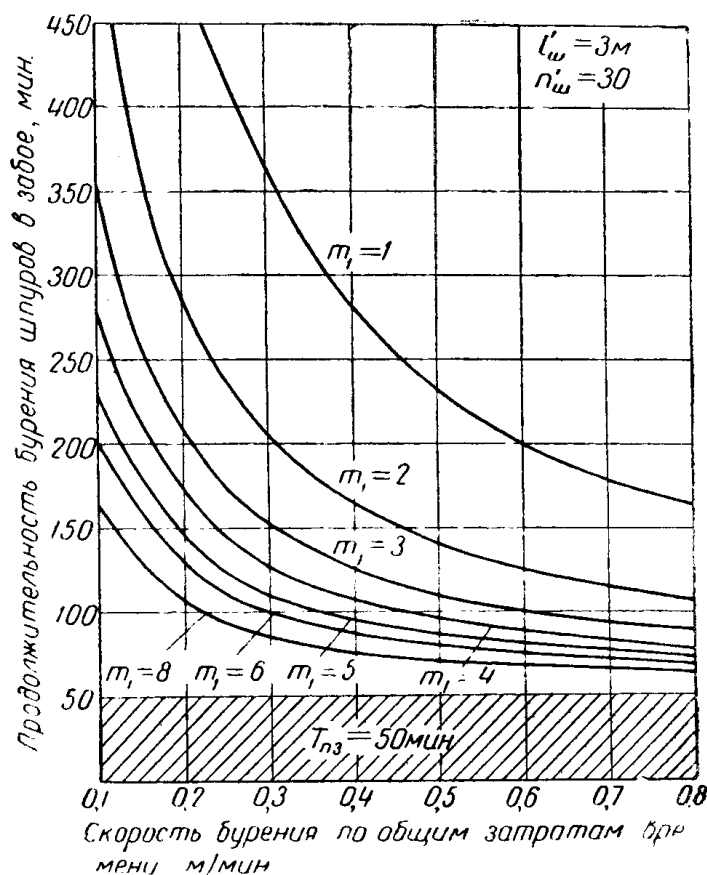


Рис. 4. Продолжительность бурения шпуров в забое в зависимости от скорости бурения по общим затратам времени и количества бурильных машин.

роботки нецелесообразно увеличивать число бурильных машин устанавливаемых на одной тележке, свыше четырех, а скорость бурения по общим затратам времени — свыше 0,5—0,6 м/мин.

Эффективность работы бурильщиков характеризуется не только минимальными затратами времени на обустройство забоя, но и максимально возможной производительностью их труда. Одним из важнейших путей повышения производительности труда бурильщиков является одновременная работа на нескольких бурильных машинах.

Максимальное количество бурильных машин, которое в состоянии обслужить один бурильщик без простоев, можно определить по формуле

$$m_{\max} = \frac{t_1 + t_2}{t_2} \quad (6)$$

Производительность рабочего может быть выражена количеством погонных метров, пробуренных в течение одного часа всеми машинами, которые он обслуживает, и подсчитана по формуле

$$L = 60v_1m \text{ пог. м/час.} \quad (7)$$

где v_1 — скорость бурения по общим затратам времени, *м/мин*.

Подставляя в формулу (7) значения $m_{\max}$ и v_1 , получим выражение для определения максимально возможной часовой производительности бурильщика

$$L_{\max} = 60 \frac{l'_{\text{ш}}}{t_2} \text{ пог. м/час.} \quad (8)$$

Результаты расчетов по формулам (7) и (8) приведены на рис. 5, согласно которому при обурировании забоя на глубину шпуров 2 м с наиболее распространенных в настоящее время буровых тележек типа ТБ-3, БК-2 и др. (при применении которых затраты времени на вспомогательные операции t_2 составляют не менее 5 мин.), можно обеспечить производительность труда бурильщика не более 24 пог. м/час. Увеличение производительности труда бурильщиков в 2—3 раза может быть достигнуто за счет снижения затрат времени на вспомогательные операции, например, до 2,5 мин. путем установки бурильных машин на более совершенные буровые тележки, оборудованные длинноходовыми податчиками и манипуляторами с гидро- или электроприводом. В этом случае при бурении шпуров глубиной 2 м максимальная производительность бурильщика $L_{\max} = 48$ пог. м/час, а при глубине шпуров 3 м — $L_{\max} = 72$ пог. м/час.

При работе бурильными молотками КЦМ-4 с существующих буровых тележек ($N = 2—2,2$ л. с., $v = 240—450$ мм/мин и $t_2 = 5$ мин.), а также машинами с рекомендуемыми нами параметрами, но установленными на более совершенные буровые тележки ($N = 5—7$ л. с., $v = 600—1550$ мм/мин и $t_2 = 2,5$ мин.), одному бурильщику целесообразно обслуживать 2—3 машины. Большое число бурильных машин, приходящееся на одного рабочего, не дает увеличения производительности труда. По этой же причине нерационально увеличивать машинные скорости бурения сверх 800 и 1250 мм/мин при глубине шпуров соответственно 2 и 3 м.

Из всего изложенного выше можно сделать вывод, что для проведения однопутевых откаточных выработок сечением 6,5—

9 м² в крепких горных породах, целесообразно создать буровые тележки на 3—4 мощные бурильные машины. При этом следует обратить особое внимание на совершенство их установочно-подающих приспособлений (манипуляторов и автоподатчиков). С целью увеличения производительности труда буровые тележки

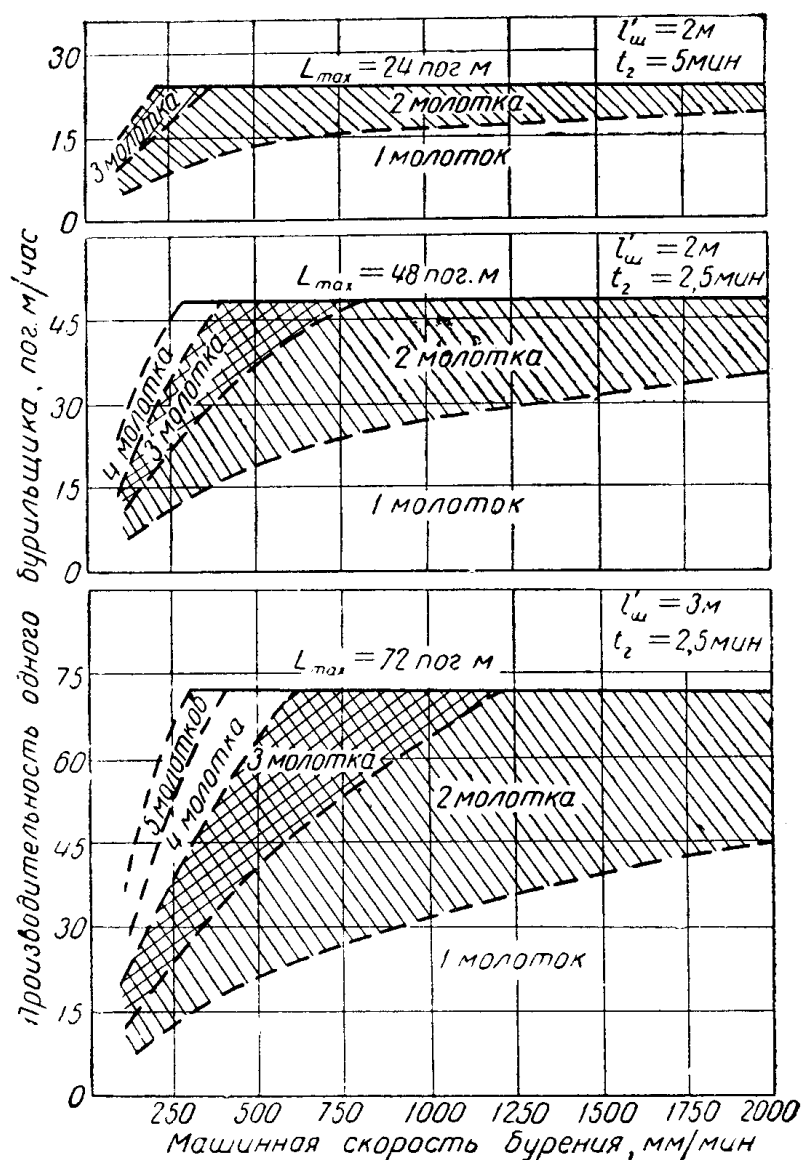


Рис. 5. Производительность одного бурильщика в зависимости от количества обслуживаемых машин и режимов их работы.

на три бурильные машины должны обслуживаться одним бурильщиком, а на четыре машины — двумя бурильщиками.

При проведении двухпутевых выработок (сечением 12—14 м²) целесообразно применять одновременно две тележки на три или четыре бурильные машины каждая.

Таким образом, создание новых более совершенных буровых тележек на 3—4 мощные бурильные машины позволит добиться

значительного увеличения производительности труда бурильщиков, сократить затраты времени на производство каждого цикла буровзрывных работ и добиться тем самым высоких скоростей проведения выработок. Так, например, если процесс бурения шпуров в однопутевых выработках, проводимых в настоящее время на рудниках Горной Шории по горным породам крепостью $f = 16-18$ с помощью тележек типа БТ-3 составляет 3,6—4,5 часа, то при создании более совершенных буровых тележек продолжительность этого же процесса может быть снижена до 1,4—1,6 часа, т. е. более чем в два раза. Еще больший эффект от применения таких буровых тележек может быть достигнут при увеличении глубины шпуров до 2,5—3,0 м.

Создание совершенных буровых тележек поможет также решить более полно вопросы автоматизации ряда операций при бурении, уменьшения шума и влияния вибрации на рабочего, уменьшения запыленности воздуха в забое и др., что позволит значительно облегчить труд бурильщиков. Однако до сих пор научно-исследовательские и проектные организации, а также заводы горного машиностроения вопросу создания совершенных буровых тележек не уделяют должного внимания, что существенно тормозит повышение производительности труда рабочих при проведении горных выработок, затягивает строительство и реконструкцию горных предприятий.

ЛИТЕРАТУРА

1. О. Д. Алимов, П. А. Самойлов. О целесообразности применения буровых кареток на рудниках Горной Шории. Горный журнал, № 8, 1958.
 2. В. С. Романов. Пути повышения скорости проходки горизонтальных выработок. Днепропетровск, 1958.
 3. Н. Д. Скоба. К вопросу скоростного обуривания забоя горизонтальных горных выработок. Известия высших учебных заведений, Горный журнал, № 2, 1958.
 4. П. Я. Таранов. Буровзрывные работы. Углетехиздат, 1958.
 5. О. Д. Алимов. Об оценке качества машин для бурения шпуров. Статья в данном сборнике.
 6. О. Д. Алимов, А. А. Алимова. Номограммы для расчета некоторых параметров бурильных молотков. Статья в данном сборнике.
 7. И. А. Остроушко. Разрушение горных пород при бурении. Госгеол-издат, 1952.
 8. О. Д. Алимов. О механизме разрушения горных пород при ударно-вращательном бурении. Известия ТПИ, т. 75, 1954.
 9. В. Ф. Горбунов. Экспериментальное исследование рабочего процесса пневматических бурильных молотков. Кандидатская диссертация, Томск, ТПИ, 1958.
 10. МУП СССР. Скоростная проходка квершлага темпами 870,5 м в месяц на чешском руднике. М., ЦИТИ, 1955.
-