

**ОЦЕНКА СРЕДСТВ И СПОСОБОВ БУРЕНИЯ ШПУРОВ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ В КУЗБАССЕ**

В. З. ДОЗМАРОВ, В. Ф. ГОРБУНОВ

(Представлено кафедрой горных машин и рудничного транспорта)

При проведении подготовительных выработок в Кузбассе применяются бурильные механизмы, отличающиеся как способом разрушения горных пород, так и (при одном и том же способе разрушения) конструктивным оформлением (принципиальной схемой механизма, установочными приспособлениями и т. п.). Например, в Прокопьевском угольном районе бурение шпуров в породах $f = 4-10$ осуществляется:

1. Бурильными машинами вращательного действия — ручными электросверлами ЭР-16 и колонковыми ЭБК-2М.

2. Бурильными машинами ударно-поворотного действия — ручными молотками ОМ-506 и молотками с пневмоподдержками ПР-30л, ПР-30лб, ПР-18л.

3. Бурильными машинами вращательно-ударного действия, устанавливаемыми на буровых тележках (БУ-1).

Кроме того, в 1959—1961 гг. проведены промышленные испытания ряда новых бурильных машин вращательного действия конструкции Томского политехнического института, предназначенных для бурения со съемных манипуляторов погрузочных машин: длинноходового пневматического сверла с винтовой подачей СПВ-2Д, длинноходового электросверла с реечной подачей ЭБР-1, с гидropодачей ЭСДГП, легкого с канатной подачей ЭДП-14 и сверла с гидropодачей СД-1 (конструкции КУЗНИУИ), предназначенного для бурения с буровых тележек.

В данной работе приведены результаты хронометражных наблюдений за работой различных бурильных механизмов, оценено их качество и даны рекомендации на применение наиболее рациональной схемы бурильного механизма и способа бурения для условий Кузбасса.

В табл. 1 сведены результаты хронометражных наблюдений за работой различных бурильных механизмов.

При анализе работы бурильных машин условно разделим их на пять характерных групп, отличающихся друг от друга технологией производства шпуров:

1. Ручные сверла.

2. Бурильные молотки с пневмоподдержками.

3. Колонковые электросверла, устанавливаемые на съемных манипуляторах погрузочных машин.

4. Длинноходовые бурильные машины, устанавливаемые на съемных манипуляторах погрузочных машин.

Таблица 1

№ п/п.	Показатели	Бурильные молотки			Колонковые сверла с манипул. погруз. машин	Длинноходовые бурильн. машины с манипул. погруз. маш.	Длинноходов. бур. машины с бур. тележками
		ОМ-506 с руки	ПР-30л с под-держки	ПР-18л с под-держки	ЭБК-2М с мани-пулятора МБИ-5У	СПВ-2Д с мани-пулятора МБМ-2М	БУ-1
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Крепость породы по шкале проф. М. М. Протодьяконова	$f = 4 - 7$	$f = 7 - 9$	$f = 6 - 9$	$f = 4 - 7$	$f = 6 - 9$	$f = 9 - 10$
2	Количество пробуренных шпурометров на 1 цикл, (40 шпуров, $l = 1,90$ м)	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0	74,0
3	Время, затрачиваемое одной бурильной машиной на бурение 74 м шпуров, мин.	544,0	370,0	444,0	306,0	80,0	130,0
4	Время вспомога-тельных опера-ций на цикл обуривания забоя, мин. в том числе: а) время на установку бурильной машины для бурения, мин.; б) время, затрачиваемое на извлечение бурового инстру-мента из шпура, мин.; в) время, иду-щее на смену бурового инстру-мента, мин.; г) прочие опе-рации	32,0	56,0	80,0	34,0	52,0	24,0
		20,0	20,0	20,0	26,0	10,0	13,0
		—	—	—	40,0	—	—
		20,0	—	—	—	8,0	3,0
Итого		72,0	76,0	100,0	100,0	70,0	40,0

1	2	3	4	5	6	7	8
5	Время подготовительно-заключительных операций на цикл, мин.	10 — 15	15 — 25	15 — 25	15 — 25	25 — 35	85—105
6	Полное время цикла, мин.	626 — 15	446 — 25	544 — 25	406 — 25	150 — 35	170 — — 105

5. Длинноходовые бурильные машины, устанавливаемые на буровых тележках.

Бурение шпуров ручными сверлами характеризуется значительными затратами усилия рабочего на поддержание сверла и создание необходимого усилия подачи, малой скоростью бурения и сравнительно узкой областью применения — в слабых породах. Время подготовительно-заключительных и вспомогательных операций при бурении мало. Значительны затраты времени на отдых. Бурение шпуров связано со следующими операциями:

- а) доставка сверл в забой;
- б) забуривание и бурение «с руки» с периодической остановкой для отдыха;
- в) извлечение бура из шпура;
- г) по окончании бурения удаления сверл из забоя.

Второй группе механизмов — бурильным молоткам свойственна следующая технология (порядок операций) производства шпуров:

- а) подноска вручную к груди забоя (расстояние 15—20 м) бурильных молотков, пневмоподдержек, воздушных и водяных шлангов. Подсоединение шлангов к молоткам;
- б) установка пневмоподдержки для бурения шпуров и процесс забуривания, который производится с участием двух рабочих (второй рабочий поддерживает бур при забуривании);
- в) бурение шпура. Процесс требует значительных усилий рабочего. При глубине шпура 2 м наблюдается 2—4 остановки процесса бурения для перестановки поддержки;
- г) ручное извлечение бура из шпура и перестановка бурильного молотка с пневмоподдержкой на бурение следующего шпура;
- д) после окончания бурения отсоединение шлангов от бурильной установки и удаление молотков с пневмоподдержками из забоя на расстоянии 15—20 м.

Третьей и четвертой группе механизмов — колонковым и длинноходовым сверлам, устанавливаемым на съемных манипуляторах погрузочных машин, свойственны следующие одинаковые операции:

- а) установка манипулятора и сверла на погрузочную машину, подсоединение источников энергии и шлангов для промывки, подгон погрузочной машины к забою;
- б) настройка сверла на бурение шпура. Процесс связан с затратой усилия рабочих (перемещение стрелы манипулятора, сверла относительно стрелы и т. п.);
- в) бурение шпура. Процесс механизирован;
- г) механизированное извлечение бура из шпура и настройка сверла на бурение следующего шпура;
- д) по окончании бурения отгон погрузочной машины от груди забоя, снятие сверла и манипулятора, отсоединение шлангов и кабелей.

Наиболее трудоемкими операциями в установках такого рода является их монтаж и демонтаж на погрузочной машине.

В случае применения колонковых сверл работа усложняется неоднократной сменой бурового инструмента в процессе бурения одного шпура. Труден и занимает сравнительно много времени процесс забуривания, так как отсутствуют какие-либо устройства для поддержания бура при забуривании.

Для пятой группы механизмов — бурильных машин, устанавливаемых на буровых тележках, характерны полностью механизированные процессы настройки и бурения шпура, извлечение бура из шпура, отсутствие ручных операций по монтажу и демонтажу бурильной машины перед началом и после окончания бурения. Существенным недостатком применения таких механизмов является необходимость их обмена в забое с погрузочными машинами и трудность или невозможность применения в однопутевых выработках большой протяженности.

Как видно из табл. 1, ударно-поворотное бурение характеризуется сравнительно малыми скоростями бурения, довольно большими затратами времени на вспомогательные операции при бурении, небольшими затратами времени на подготовительно-заключительные операции. Цикл обуривания забоя бурильным молотком (40 шпуров на глубину 1,9 м) длится 470—660 мин. При четырех бурильных молотках, работающих в забое, он составляет 2,7—2,0 часа. Процесс бурения молотками связан со значительными затратами физического труда. Кроме того, сильная вибрация машин и их шум отражаются на здоровье рабочих.

Положительными сторонами ударно-поворотного бурения являются малый износ бурового инструмента, надежность в работе и быстрая взаимозаменяемость бурильных машин.

Как показали исследования ряда авторов [1] и практика ведения бурильных работ, наиболее целесообразной областью применения машин ударно-поворотного действия являются породы крепостью $f \geq 14$. Применение в этих породах вращательного или вращательно-ударного способа нецелесообразно из-за большого износа бурового инструмента и большой энергоемкости бурильных работ. Требуются большие усилия подачи (до 2000 кг), что приводит к увеличению мощности и веса бурильных машин.

В Кузбассе крепость пород редко превышает $f = 10$. Очевидно, в этих условиях применение ударно-поворотного способа нецелесообразно.

В настоящее время все более широкое признание для бурения шпуров в породах средней крепости получают бурильные машины вращательного действия.

Сравнение работы различных бурильных машин вращательного действия, применяемых в Кузбассе, произведем по их производительности. Производительность бурильных машин оценивается временем, затрачиваемым на цикл обуривания забоя [2].

$$T = t_1 + t_2 + T_{пз},$$

где

T — время, затрачиваемое на цикл обуривания забоя, мин;

t_1 — затраты времени на собственно бурение шпуров (машинное время бурения), мин;

t_2 — затраты времени на вспомогательные операции при бурении шпуров, мин.

$$t_2 = t_3 + t_4 + t_5 + t_6,$$

где

t_3 — время настройки бурильной машины для бурения шпура, мин.;

t_4 — время извлечения бурового инструмента из шпура, *мин*;

t_5 — время смены бурового инструмента, *мин*;

t_6 — прочие операции, *мин*;

$T_{пз}$ — время подготовительно-заключительных операций, *мин*.

Чем меньше время T , тем выше производительность бурильной машины.

Для бурильной установки, состоящей из сверла ЭБК-2М и манипулятора МБИ-5У, установленных на погрузочной машине ППМ-4, время T равно (см. табл. 1, колонка 6)

$$T = t_1 + (t_3 + t_4 + t_5 + t_6) + T_{пз} = 306 + (34,0 + 26,0 + 40,0 + 0,0) + 25 = 431 \text{ мин.}, \quad (2)$$

на цикл обуривания забоя — 40 шпуров.

Для бурильной установки, состоящей из длинноходового сверла СПВ-2Д, установленного на манипуляторе МБМ-2, оснащенного приводом подъема стрелы манипулятора,

$$T = t_1 + (t_3 + t_4 + t_5 + t_6) + T_{пз} = \\ = 80 + (52,0 + 10 + 0,0 + 8,0) + 35 = 185 \text{ мин.} \quad (3)$$

Сравнивая (2) и (3), приходим к следующим выводам:

а) Машинная скорость бурения сверлом СПВ-2Д в породах $f = 6-9$ в 3,8 раза выше скорости бурения сверлом ЭБК-2М в породах $f = 4-7$. Это объясняется, во-первых, тем, что сверла ЭБК-2М не были настроены на наиболее оптимальные режимы. Последнее достигается сменой зубчатых колес в редукторе сверла при изменении крепости породы и изменением усилия зажатия фрикционной муфты сверла.

Второй причиной больших затрат времени на бурение при применении сверл ЭБК-2М является трудность процесса забуривания (в приведенных хронометражах время забуривания входит в t_1). Это происходит в результате отсутствия поддерживающих устройств для бура, т. е. является следствием несовершенства конструктивной схемы сверла.

б) Время настройки сверла СПВ-2Д в комплекте с манипулятором МБМ-2 на бурение шпура в 1,7 раза больше времени настройки на бурение шпура установки, состоящей из сверла ЭБК-2М и манипулятора МБИ-5У. Увеличение происходит за счет фиксирования как положения стрелы манипулятора относительно его вертикальной стойки в горизонтальной плоскости (зубчатой муфтой), так и вертлюга манипулятора относительно стрелы. При применении сверл ЭБК-2М с манипуляторами МБИ-5У фиксация манипулятора осуществляется распорной стойкой между бортом выработки и стрелой.

Исследования, проведенные в лаборатории кафедры горных машин и рудничного транспорта Томского политехнического института, показали, что сверло ЭБК-2М может развивать усилия подачи до 1000 кг при значительных скоростях подачи (до 600—800 мм). В случае настройки на такие режимы работы увеличивается скорость бурения (уменьшится первая составляющая формулы (2)). Однако в этом случае сверлом ЭБК-2М будет невозможно бурить с манипулятора МБИ-5У из-за больших изгибающих моментов, действующих на манипулятор, и отсутствия механизма фиксации различных положений стрелы. При установке же сверла ЭБК-2М на манипуляторе МБМ-2 затраты времени на настройку машины для бурения будут примерно такими же, как и в установке с длинноходовым сверлом.

в) Время, затрачиваемое на извлечение бурового инструмента из шпура, при применении сверл СПВ-2Д в 2,5 раза меньше, чем для сверл ЭБК-2М за счет увеличенной скорости обратного хода вращателя до 10 м/мин.

г) Существенный выигрыш во времени при применении длинноходовых сверл наблюдается из-за отсутствия операции смены бурового инструмента—40 минут на цикл бурения. При бурении сверлом ЭБК-2М на глубину 1,9 м необходимо производить три замены инструмента.

д) Время подготовительно-заключительных операций при применении длинноходовых сверл с манипуляторами МБМ-2М несколько больше (в 1,4 раза), чем при бурильной установке, состоящей из сверл ЭБК-2М и манипуляторов МБИ-5У, так как в первом случае установка тяжелее и более громоздка.

В результате по всем элементам затрат при применении бурильной установки, состоящей из сверла ЭБК-2М и манипулятора МБИ-5У, на цикл обуривания забоя из 40 шпуров затрачивается 439 мин против 185 мин при бурении сверлом СПВ-2Д с манипулятора МБМ-2. Если в забое будет работать по две бурильные установки, то в первом случае цикл обуривания составит 215 мин, или 3 ч. 35 мин; во втором — 92,5 мин, или 1 ч. 32 мин, или в 2,3 раза быстрее.

При настройке сверла ЭБК-2М на наиболее рациональные режимы время бурения шпуров в обоих случаях будет одинаковым. В этом случае сверлом ЭБК-2М необходимо бурить с манипулятора МБМ-2. Тогда в формулах (2) и (3) время подготовительно-заключительных операций $T_{пз}$ и время настройки бурильных машин на бурение шпура будут примерно одинаковы и соответственно равны 35 и 52 мин. Выигрыш во времени на цикл бурения в случае применения длинноходовых сверл составит около 50 мин за счет сокращения затрат времени на извлечение бура из шпура, смены буровых штанг и, кроме того, времени, затрачиваемого на процесс забуривания при применении сверл ЭБК-2М (в приведенных данных оно входит в t_1).

Необходимо отметить, что при применении для бурения сверл ЭБК-2М условия работы проходчиков сложнее. Очень неудобно трижды заменять буровую штангу при бурении верхних шпуров. В этом случае необходимо изготовление специального настила для производства этой операции. Кроме того, рабочий, производящий замену штанг, бывает постоянно облит водой, так как даже при полностью перекрытом трубопроводе часть воды остается в бурах.

Как показали хронометражные наблюдения, при бурении шпуров сверлом ЭБК-2М в породах $f = 6-8$, резцы РП-2 приходилось менять через каждые 1,7—1,8 м, т. е. после каждого шпура. Износостойкость коронок РП-2 в случае бурения в этих породах сверлом СПВ-2Д составляла 6—8 шпурометров, т. е. в 3,8—4,4 раза выше. Сверло СПВ-2Д автоматически настраивается на наиболее рациональные режимы бурения в зависимости от крепости горной породы, так как в качестве привода подачи у него применен пневмодвигатель объемного типа, имеющий мягкую характеристику $F = f(n)$. Усилие и скорость подачи двигателя изменяются в зависимости от крепости породы.

В сверлах ЭБК-2М существует несколько строго фиксированных настроек скоростей подач и чисел оборотов шпинделя, которые остаются неизменными при изменении крепости породы. Поэтому сверла с такими жесткими характеристиками часто работают в режимах бурения, сильно отличавшихся от оптимальных для данной крепости пород.

Из вышеизложенного следует, что как по производительности бурильных работ, так и по износостойкости бурового инструмента предпочтение надо отдать длинноходовым сверлам.

В табл. 1 приведены данные по работе длинноходового сверла СПВ-2Д. Кроме него, Томским политехническим институтом были испытаны также длинноходовые электросверла с речной подачей ЭБР-1 и с гидравлической подачей ЭСДГП-4. Время, затрачиваемое на подготови-

тельно-заключительные и вспомогательные операции при бурении этими сверлами, примерно такое же, как и при бурении сверлом СПВ-2Д.

Нами проведено также наблюдение за работой буровых тележек БУ-1 с длинноходовыми машинами вращательно-ударного действия. Формула (1) затрат времени на цикл обурирования двухпутевой выработки (40 шпуров) выглядит следующим образом (см. табл. 1):

$$T = t_1 + (t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6) + T_n = 130 + (24 + 13 + 0 + 3) + 105 = 275 \text{ мин.} \quad (4)$$

Машинное время бурения 40 шпуров глубиной 1,9 м установкой БУ-1 ($t_1 = 130$ мин) в 1,6 раза больше, чем время бурения такого же количества шпуров сверлом СПВ-2Д ($t_1 = 80$ мин). Это объясняется меньшими усилиями подачи установки БУ-1 (900—1000 кг против 1200—1300 кг у СПВ-2Д) и различием применяемых конструкций резцов. При вращательном бурении сверлом СПВ-2Д применялись коронки РП-2 с углом приострения лезвия резца $\beta = 65^\circ$. Для вращательно-ударного способа бурения применяются коронки с геометрией инструмента, промежуточного между геометрией резцов вращательного и ударно-поворотного способов. Для последнего же свойственны углы заострения буровых коронок $\beta = 100—110^\circ$.

Коронка с таким углом заострения более прочна при ударной нагрузке, более износостойка, однако, скорость бурения такими коронками меньше, чем скорость бурения коронками типа РП-2 при одинаковых усилиях подачи.

Кроме этих причин существенным фактором увеличения машинного времени бурения установкой БУ-1 явилось то, что в процессе бурения резцы менялись через 12—13 шпуров, т. е. через 23—25 пробуренных шпурометров. Характер изменения скорости бурения в зависимости от износа коронок при бурении установкой БУ-1 представлен на рис. 1. Как видно из рис. 1, первые 6—8 шпуров (11—13 м) бурятся с большей скоростью — до 1 м/мин, но затем, по мере износа коронки, скорость бурения падает почти в два раза. В результате средняя машинная скорость бурения одного шпура установкой БУ-1 составляет 0,5—0,6 м/мин. Следовательно, если бы коронки менялись чаще — не через 11—13 шпуров, а через 6—8, то первая составляющая формулы (4) была бы сравнительно меньше.

Как уже отмечалось выше, при вращательном бурении сверлом СПВ-2Д в этих же породах, износостойкость резцов типа РП-2 составляла 6—8 шпурометров. При бурении в более мягких породах, при увеличении в обоих случаях объема пробуренных шпурометров на одну коронку, разница в износостойкости коронок при вращательном и вращательно-ударном способах уменьшалась. В породах $f = 4—7$ износостойкость коронок при обоих способах бурения составляет 25—35 м.

При увеличении крепости горной породы износостойкость коронок при вращательном бурении падает быстрее, чем при вращательно-ударном. Исходя из наших наблюдений за износостойкостью резцов, вращательный способ бурения можно рекомендовать для бурения в породах до $f = 10$. При более крепких породах лучше применять вращательно-ударный способ. Целесообразность же применения универсального вращательно-ударного способа на породах средней крепости (менее $f = 10$) необходимо рассматривать из условий экономичности такого рода установок по сравнению с установками вращательного бурения.

Настройка на бурение шпура бурильной машины, расположенной на буровой тележке БУ-1, полностью механизирована и занимает сравнительно мало времени — в среднем 21 мин на цикл обурирования забоя. Время извлечения бура из шпура при скорости обратного хода вращателя 6 м/мин равно 13 мин на 40 шпуров. Отсутствуют затраты време-

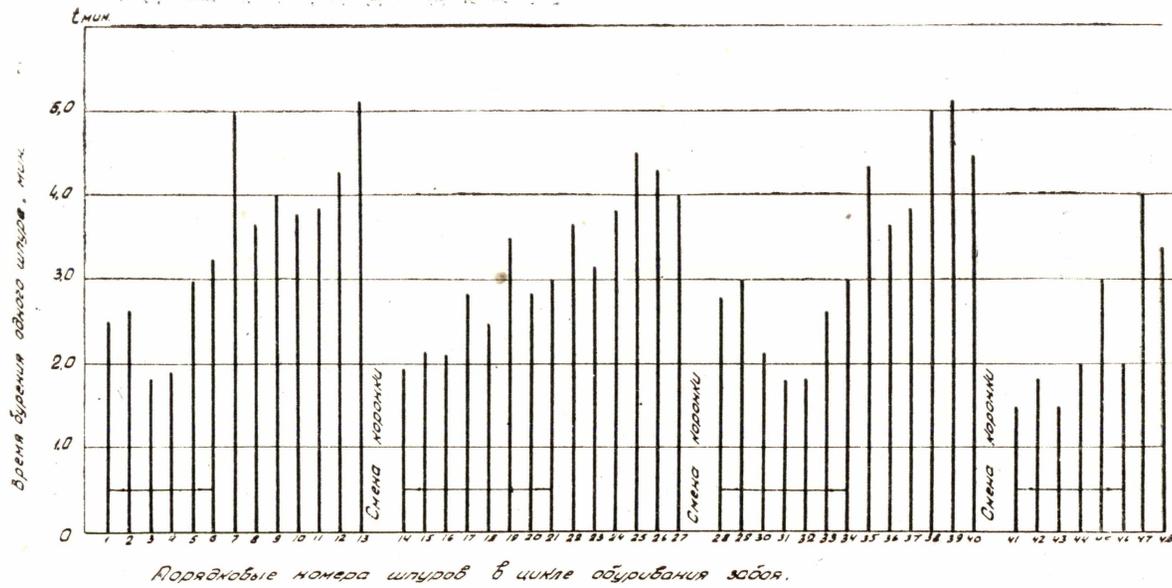


Рис. 1. Время бурения шпуров в цикле обустройства забоя. Шахта «Красный Углекоп», двухпутевой квершлаг $S=18,6 \text{ м}^2$; $f=9-11$. Глубина шпуров $l=1,9 \text{ м}$, давление сжатого воздуха в сети $p=5,5-6,5 \text{ ат}$.

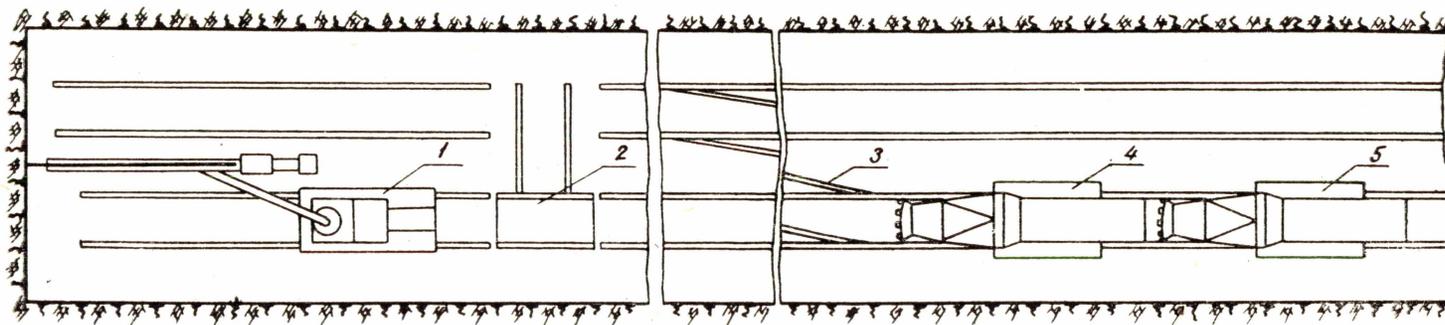


Рис. 2. Схема путей в квершлаг.

ни на смену бурового инструмента. В общем время вспомогательных операций при бурении установкой БУ-1 составляет около 40 мин на цикл обуривания забоя или в 1,7 раза меньше, чем при установке длинноходовых бурильных машин на съемных манипуляторах погрузочных машин. В этом несравненное преимущество буровых тележек. Однако буровые тележки имеют другую отрицательную сторону — большие затраты времени на подготовительно-заключительные операции — до 1,5 часа на цикл обуривания забоя. Поясним это на конкретном примере.

На шахте «Красный Углекоп» бурение шпуров вращательно-ударной бурильной машиной с буровой тележки осуществляется в двухпутевом квершлагае. В забое работает одна бурильная установка БУ-1. Схема путей в квершлагае представлена на рис. 2. Здесь 1 — буровая тележка, 4 и 5 — погрузочные машины, 2 — платформа для перекачивания вагонеток с одного пути на другой, 3 — стрелочный перевод. Для того, чтобы начать процесс бурения, обе погрузочные машины необходимо удалить из забоя, перегнуть их на один путь, так как по другому (например, правому) вкатывается в забой тележка. Обуривание забоя производится в два приема: сначала с правого пути одну половину забоя, затем установка перекачивается по платформе 2 на левый путь и обуривается другая половина забоя. По окончании бурения происходит смена механизмов в забое: удаляется буровая тележка и загоняются погрузочные машины. К концу бурения механизмы в квершлагае занимают положение, показанное на рис. 2. Погрузочную машину 4 по стрелочному переводу 3, расположенному не ближе 50 м к забою, вводят в забой на правый путь. Затем за ней ставят порожний состав вагонеток и буровую тележку, по стрелочному переводу 3 загоняют в конец порожнякового состава. Погрузочную машину 5 подгоняют к забою по левому пути. Начинается процесс погрузки породы. По окончании погрузки обмен механизмов производится заново.

Опыт эксплуатации установок БУ-1 показал, что их невозможно применять в однопутевых выработках. Уже при длине выработки 100—150 м слишком много времени уходит на обмен буровой тележки на погрузочную машину. При этом кабель погрузочной машины на всем протяжении ее следования до двухпутевой выработки необходимо снимать с борта выработки и затем укладывать в бухту. Механизм, удаленный из однопутевой выработки на основную двухпутевую, мешает здесь нормальной работе транспорта. Кроме того, установка БУ-1 — не самоходная и на ее передвижение на 100—150 м затрачиваются физические усилия рабочих.

Сравнение затрат времени на цикл обуривания забоя бурильными машинами, установленными на манипуляторах погрузочных машин и на манипуляторах буровых тележек, приводит к следующим выводам: общий баланс времени, цикла говорит в пользу установок 1 рода. Это в основном происходит из-за небольших (в этом случае) затрат времени на подготовительно-заключительные операции.

Машинное время бурения установками БУ-1 может быть несколько сокращено, если смена коронок будет производиться в 2 раза чаще. Непосредственно процесс бурения в случае применения тележек БУ-1 проще.

Оценивая положительные и отрицательные стороны бурильных установок, можно рекомендовать оба вида для применения в двухпутевых выработках. Проведение однопутевых выработок целесообразно с применением бурильных машин, устанавливаемых на съемных манипуляторах погрузочных машин.

Количество одновременно работающих в забое длинноходовых бу-

рильных машин, устанавливаемых на съемных манипуляторах погру- зочных машин, по нашему мнению, не должно превышать двух. Иначе установка получается очень громоздкая, много подводящих шлангов, большое падение давления сжатого воздуха в сети, увеличивается время подготовительно-заключительных операций, увеличивается количество рабочих в забое, усложняется взаимное маневрирование буриль- ных машин.

Два сверла СПВ-2Д бурят двухпутевую выработку (40 шпуров) за $T = (t_1 + t_2) + T_{пз} = 75 + 35 \text{ мин.}$

Допустим, что в забое будет работать четыре машины. Тогда вре- мя $t_1 + t_2$ уменьшится примерно вдвое и будет равно — 40 мин. Время подготовительно-заключительных операций увеличивается также при- мерно вдвое и будет равно $T_{пз} = 35 \times 2 = 70 \text{ мин.}$ Полное время цикла $T = (t_1 + t_2) + T_{пз} = 40 + 70 \text{ мин}$ не изменится, хотя число рабочих в забое увеличится с 3 до 5.

ЛИТЕРАТУРА

1. А л и м о в О. Д., Б а с о в И. Г., Г о р б у н о в В. Ф., М а л и к о в Д. Н., Бу- рильные машины. Госгортехиздат, 1960.
2. А л и м о в О. Д., Об оценке качества бурильных машин. Известия ТПИ, т. 108, Металлургиздат, 1959.