

**О СОЗДАНИИ ДЛИННОХОДОВЫХ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ
БУРИЛЬНЫХ МАШИН ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ**

О. Д. АЛИМОВ, В. З. ДОЗМАРОВ

Теоретические и экспериментальные работы по исследованию процессов разрушения горных пород [1, 2, 5] обосновывают возможность создания бурильных машин вращательного действия, способных бурить шпур в породах $f = 6-10$ со скоростью до $2-3$ м/мин. Для обеспечения таких скоростей бурения необходимы вполне определенные параметры бурильных машин. На рис. 1 (а, б, в) приведены зависимости между скоростью бурения, усилием подачи, числом оборотов бура и крутящим моментом при вращательном бурении. Скорость бурения шпуров диаметром 40—46 мм возрастает с усилием подачи и при всех усилиях подачи имеет максимальное значение при скорости вращения бура 300—450 об/мин. С увеличением усилия подачи увеличивается и крутящий момент, необходимый для вращения бура.

По данным исследований [1, 2], для получения скоростей бурения $2-3$ м/мин в породах, характерных для шахт Кузбасса, целесообразно иметь сверла с усилиями подачи 600—1300 кг. Однако, как показала практика ведения бурильных работ, применение бурильных машин вращательного действия, созданных по схемам колонковых сверл ЭБК-2м с повышенными параметрами, не дает ожидаемого повышения производительности бурильных работ. Характерные для колонковых сверл вспомогательные операции (забуривание, смена штанг) сводят на нет скоростные качества таких машин. Кроме того, отсутствие направляющих устройств для буров приводит, при больших усилиях подачи, к еще большему затруднению при забуривании и к изгибам бурового инструмента. Поэтому для бурильных машин, создаваемых для работы с большими усилиями и скоростями подачи, необходимо изыскивать новые конструктивные схемы. Разработкой новых конструктивных схем бурильных машин вращательного действия и созданием новых типов бурильных машин занимается кафедра горных машин и рудничного транспорта Томского политехнического института. Здесь были обоснованы различные схемы и параметры длинноходовых бурильных машин и по ним создан ряд машин с электро- и пневмоприводом, с механической и гидравлической подачей [2—4, 6].

При создании длинноходовых пневматических сверл, устанавливаемых на манипуляторах погрузочных машин, руководствовались следующими требованиями:

1. Бурильная машина должна иметь параметры, обеспечивающие скорости бурения до $2-3$ м/мин и скорость обратного хода бура 8—

10 м/мин. Так как в процессе бурения шпуров крепость пород очень часто меняется (особенно при проведении квершлага), то сверло должно обладать способностью автоматически изменять режимы бурения,

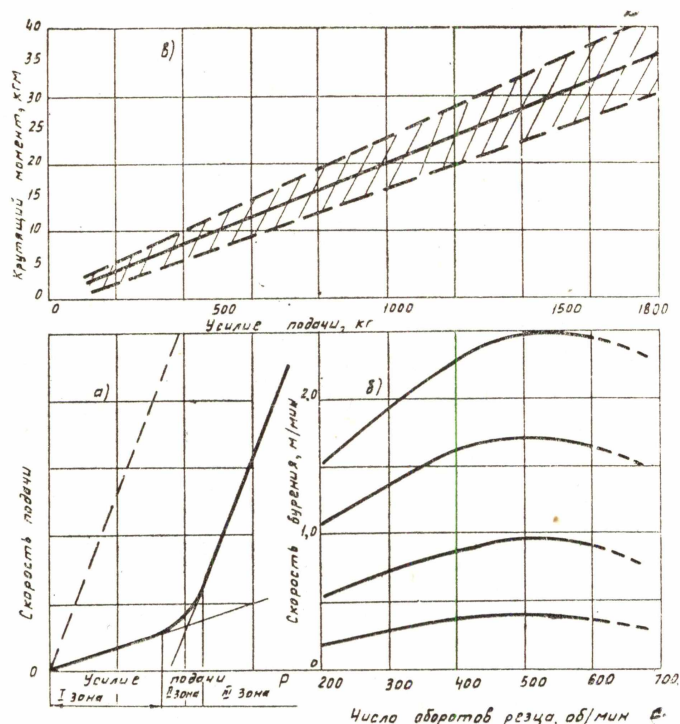


Рис. 1. Взаимозависимости между параметрами бурения а) зависимость скорости бурения U от нагрузки P на долото (по данным Л. А. Шрейнера); б) зависимость скорости бурения (U , м/мин) от скорости вращения резца (n , об/мин) (по Г. Н. Покровскому); в) зоны изменения крутящего момента в зависимости от усиления подачи при вращательном бурении в песчанике f 8—12.

настраиваясь на наиболее экономичный режим (в пределах мощности двигателя), обеспечивающий максимально возможные скорости бурения. Нецелесообразно создавать режимы, обеспечивающие скорости бурения свыше 3 м/мин. В этом случае сокращение времени бурения будет составлять незначительный процент по отношению к времени полного цикла бурения шпура с учетом вспомогательных операций. При бурении шпура глубиной 2 м увеличение машинной скорости с 3 до 4 м/мин уменьшит время бурения шпура на 10 сек, в то время как среднее время вспомогательных операций при бурении шпура равно 2—3 мин. Дальнейшее увеличение производительности бурильных работ целесообразно проводить за счет сокращения времени вспомогательных и подготовительно-заключительных операций.

2. Бурильная машина должна иметь устройства поддержания бура при бурении и забуривании, бурить шпуры на полную глубину без смены штанг, иметь устройства, создающие распор сверла в процессе бурения между грудью забоя и манипулятором, и устройства, компенсирующие отход сверла от груди забоя при повороте стрелы манипулятора [2]. Наличие перечисленных элементов позволит сократить время вспомогательных операций при бурении, тем самым увеличить производительность бурильных работ.

3. Бурильная машина должна быть простой по устройству и управлению, надежной в работе, дешевой, по возможности легкой (150—

170 кг), быстро и удобно разбираться на отдельные части при сборке и разборке на манипуляторе погрузочной машины, требовать минимального количества вспомогательной аппаратуры. Эти качества позволяют сократить время подготовительно-заключительных операций при бурении и увеличить экономическую эффективность новой техники.

Работа по созданию пневматических бурильных машин проводилась в следующих направлениях:

1. Обоснование конструктивной схемы бурильной машины.
2. Исследование различных типов пневмопривода бурильных машин с целью обеспечения необходимых режимов бурения при наиболее экономичных типах двигателей с минимальным весом и габаритами.
3. Исследование созданных конструкций бурильных машин в лаборатории и производственных условиях.

В результате анализа различных возможных схем длинноходовых бурильных машин пришли к выводу, что для пневматических сверл целесообразнее всего иметь схему с отдельными приводами подачи и вращения бура. Разработанные на кафедре горных машин и рудничного транспорта ТПИ длинноходовые электросверла с реечной и канатной подачей ЭБР-1, ЭБР-2, ЭДП-14, ЭДП-20 [1, 2, 6, 7], а также электросверла с гидropодачей ЭСДГП [2] имеют для подачи и вращения бура один общий двигатель.

Основным преимуществом двухприводной конструкции сверл по сравнению с одноприводной является, по нашему мнению, простота конструкции сверла, так как отсутствует сложный редуктор, разделяющий мощность двигателя по двум каналам. Применение в электросверлах одного двигателя с разделением мощности на вращение и подачу бура оправдано тем, что в этом случае необходимо меньшее количество аппаратов управления (пускателей, реле утечки, трансформаторов, муфт и т. п.). В случае же применения пневматической энергии эти дополнительные звенья отсутствуют.

Для выбора типа подачи длинноходовых пневматических сверл был проведен анализ различных подающих механизмов: канатного, реечного, цепного, винтового и гидравлического. По ряду факторов (простота, надежность в работе, компактность, обеспечение необходимых режимов бурения и т. п.) предпочтение было отдано винтовой подаче. На ее основе разработана схема двухвинтового податчика и создано несколько вариантов длинноходовых сверл СПВ-1Д, СПВ-2Д, СПВ3 [3, 4].

При одинаковой конструктивной схеме сверла отличались друг от друга типом пневмоприводов подачи и вращения бура, а также конструкцией винтовых механизмов подачи. Сверло СПВ-1Д в качестве двигателя вращателя имеет ротационный двигатель от экспериментальной бурильной машины ВНИИОМШС. Для снижения числа оборотов бура и повышения его крутящего момента в конструкцию двигателя был встроен планетарный редуктор с передаточным числом $i = 5,3$.

Вращение бура сверла СПВ-2Д производилось поршневым пневматическим двигателем ДР-5 со встроенным редуктором ($i = 2$). В качестве привода вращателя сверла СПВ3 применен шестеренчатый пневмодвигатель специального исполнения. Вращатель и податчик сверла СПВ3 унифицированы с конструкцией бурильной установки вращательно-ударного действия БУ-1.

Для выявления действительных параметров вращатели сверл были испытаны на тормозном стенде. На рис. 2 приведено изменение крутящих моментов двигателей вращателей в зависимости от числа оборотов бура. Вращатель сверла СПВ-1Д с ротационным двигателем при давлении воздуха в сети 5—6 атм и числе оборотов бура $n = 300—400$ об/мин развивает крутящий момент на буре 8—10 кгм.

Перегрузочная способность примененного ротационного вращателя невелика. Он останавливается при скорости вращения выходного вала 100 об/мин и $M_{кр} = 10,0—12,5$ кгм (давление воздуха 5 и 6 ати). От-

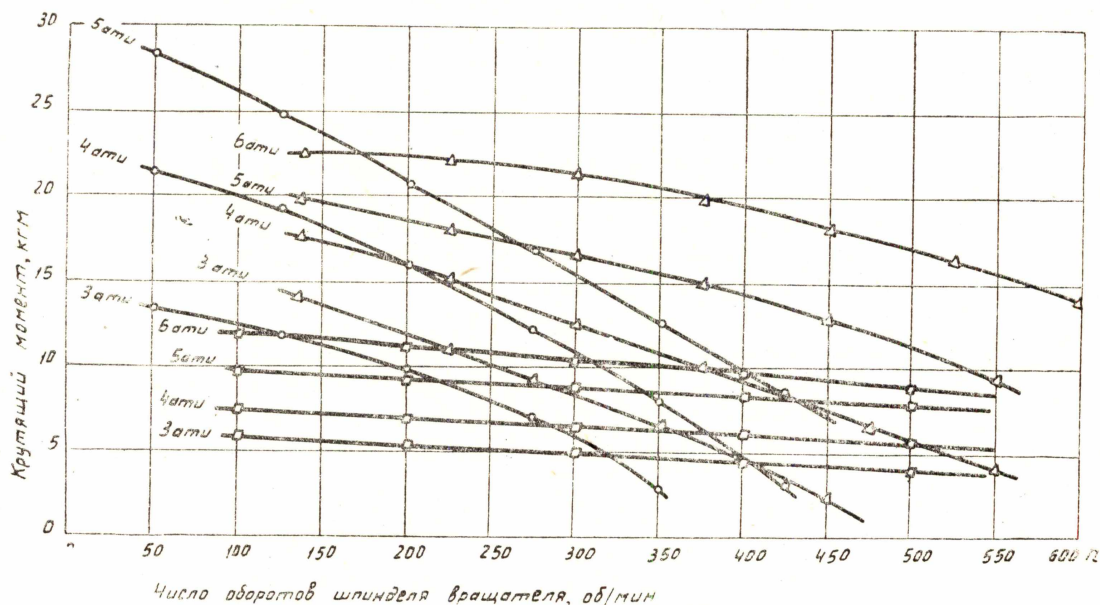


Рис. 2. Крутящий момент вращателей длинноходовых пневматических сверл типа СПВ: $\square$ — с ротационным, $\circ$ — с поршневым, $\triangle$ — с шестеренчатым двигателем вращения бура.

ношение $\frac{M_{max}}{M_n} = 1,05—1,2$. Эффективная мощность двигателя мала, а удельный расход воздуха на 1 эффективную л. с. очень высок — $2 \text{ м}^3/\text{мин}/\text{л. с.}$ Теоретический расчет мощности и расхода воздуха данного двигателя показывает, что при его размерах ротора эффективная мощность должна быть выше, а расход воздуха меньше. Большой расход воздуха и малый к. п. д. ротационного двигателя вращения бура объясняется общим для данного типа двигателей недостатком — утечками воздуха между ротором и статором двигателя.

Вращатели сверл СПВ-2Д и СПВ3 с поршневым и шестеренчатым двигателями в необходимом интервале скоростей вращения бура—300—400 об/мин имеют при одном давлении воздуха в сети примерно одинаковый крутящий момент. При давлении воздуха $p = 4$ ати изменению скорости вращения с 300 до 400 об/мин соответствует изменение крутящего момента шестеренчатого вращателя от 12 до 9 кгм, а поршневого от 11 до 5 кгм. При давлении воздуха в сети 5 ати эти пределы для шестеренчатого и поршневого вращателей соответственно равны 17—14 кгм и 18,5—10 кг.

Достоинством шестеренчатого вращателя сверла СПВ3 является устойчивость крутящего момента при изменении числа оборотов бура. При $p = 6$ ати и изменении скорости вращения бура с 300 до 400 об/мин, крутящий момент изменяется только на 3 кгм. В этом же интервале изменения скоростей поршневой вращатель сверла СПВ-2Д при $p = 5$ ати изменяет момент на 8,5 кгм.

Недостатком шестеренчатого вращателя является его малая перегрузочная способность. Двигатель останавливается при 120—130 об/мин.

Отношение $\frac{M_{max}}{M_n} = 1,05—1,25$. При бурении крепость пород часто ме-

няется, встречаются вкрапления более твердых тел. Поэтому следует ожидать частое «опрокидывание» вращателя сверла СПВЗ с шестеренчатым двигателем, несмотря на его большой крутящий момент.

Поршневой вращатель бура сверла СПВ-2Д, несмотря на более резкое изменение $M_{кр}$ и меньшие его значения, работать будет устойчивее. Он останавливается при 50 об/мин бура. Перегрузочная способ-

ность $\frac{M_{max}}{M_n} = 1,9-2,3$. Другим преимуществом поршневого вращателя перед шестеренчатым является меньший удельный расход воздуха на 1 эффективную л. с. ($1 \text{ м}^3/\text{мин}/\text{л. с.}$ против $1,3 \text{ м}^3/\text{мин}/\text{л. с.}$).

Конструктивная схема податчиков сверл СПВ-1Д, СПВ-2Д и СПВЗ одинакова. В табл. 1 приведены данные двигателей податчиков сверл и характеристики их подающих механизмов.

Таблица 1

№ п/п	Показатели	Данные податчиков сверл	
		СПВ-1Д и СПВ-2Д	СПВЗ
1	Тип двигателя подачи	поршневой ДР-2	шестеренчатый специального исполнения
2	Винтовой механизм подачи		
	Наружный диаметр винта, мм	36	30
	Внутренний диаметр винта, мм	28	23
	Профиль резьбы	прямоугольная	трапецеидальная
	Шаг резьбы, мм	10	6
	Заходность винта	1 и 4	2
	Подача на 1 оборот, мм	10 и 40	12
3	Угол подъема винтовой линии, град	5°43' и 21°48'	8°
	Винтовой механизм компенсатора отхода		
	Профиль резьбы	трапецеидальная	трапецеидальная, левая
	Наружный диаметр резьбы, мм	28	
	Внутренний диаметр резьбы, мм	22	30
	Шаг резьбы, мм	5	23
	Заходность винта	2	6
	Подача на 1 оборот, мм	10	2
	Угол подъема винтовой линии, град	17	12
		3°38' и 7°16'	8°

Результаты испытания податчиков сверл СПВ-1Д, СПВ-2Д и СПВЗ приведены на рис. 3, 4. При постоянном давлении сжатого воздуха в сети увеличение сопротивления движению вращателя приводит к уменьшению скорости подачи податчиков. При некотором максимальном значении усилия подачи, движение вращателей прекращается.

Сверло СПВ-1Д, имеющее однозаходный винтовой механизм подачи, обеспечивает скорости и усилия подачи, необходимые при бурении шпуров в породах $f = 4-10$. Недостатком податчиков сверл СПВ-1Д является малая скорость обратного хода. При давлении воздуха в сети 5 атм, скорость обратного хода равна 3 м/мин. Это значит, что на операцию отвода вращателя после бурения затрачивается при длине шпура 2 м 40 сек на один шпур, или 27 минут на 40 шпуров.

Другой недостаток однозаходного механизма подачи сверла СПВ-1Д — его низкий к. п. д.

Достоинством четырехзаходного винтового механизма подачи сверла СПВ-2Д является большая скорость отвода вращателя (13—15 м/мин при $p = 4-5$ атм) и более высокий, по сравнению с одно- и двухзаход-

ными механизмами подачи, к. п. д. Однако податчик этого сверла не может обеспечить устойчивой скорости бурения меньше 1,5 м/мин, так как при дальнейшем снижении числа оборотов двигателя подачи ДР-2 происходит его остановка.

К недостаткам четырехвинтового податчика следует отнести резкое изменение скорости подачи при незначительном изменении усилия подачи. Уменьшению усилия подачи с 1250 до 1100 кг ($p = 5$ ати, рис. 3) соответствует увеличение скорости подачи с 2 до 4 м/мин.

При бурении породы для того, чтобы сохранять постоянную скорость бурения и избежать частой остановки двигателя подачи, необходимо постоянно менять давление воздуха, подводимого к двигателю податчика.

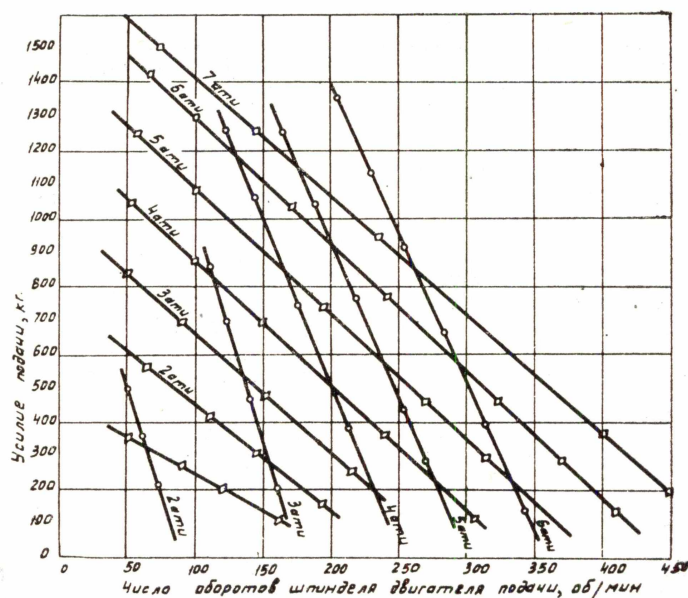


Рис. 3. Зависимость между усилием и скоростью подачи податчиков: $\bigcirc$ — однозаходный винтовой механизм подачи сверла СПВ-1Д, $\square$ — четырехзаходный винтовой механизм подачи сверла СПВ-2Д.

Податчик сверла СПВЗ имеет более плавное изменение скорости при изменении усилия подачи. Изменению усилия подачи от 750 до 1500 кг ($p = 4$ ати, рис. 4) соответствует изменение скорости подачи от 3 до 0,9 м/мин. При одинаковом давлении воздуха в сети податчик сверла СПВЗ развивает большие усилия подачи, чем податчики сверл СПВ-1Д и СПВ-2Д. Скорость обратного хода его вращателя равна 5,5—7 м/мин при $p = 4—5$ ати, что достаточно соответствует поставленным требованиям.

Как отмечалось выше (рис. 1, в), создаваемому податчиком усилию подачи должно соответствовать определенное значение крутящего момента вращателя. При давлении в сети 5 ати податчики сверл СПВ-1Д и СПВ-2Д развивают усилия подачи до 1300 кг. Для того, чтобы процесс бурения был устойчивым, вращатели сверл должны иметь крутящий момент в пределах 20—25 кгм. Этому требованию удовлетворяют вращатели сверл СПВ-2Д и СПВЗ в диапазоне скоростей вращения бура от 50 до 250 об/мин и совершенно не удовлетворяет вращатель сверла СПВ-1Д, имеющий $M_{кр\ max} = 9$ кгм.

Податчик сверла СПВЗ уже при давлении воздуха в сети 5 ати развивает усилие подачи до 1800 кг. Такому усилию подачи должен соот-

ветствовать крутящий момент вращателя порядка 35 кгм. Вращатель же сверла развивает при $p=6$ ати максимальный момент $M_{кр\ max} = 22$ кгм. Следовательно, при бурении породы необходимо производить регули-

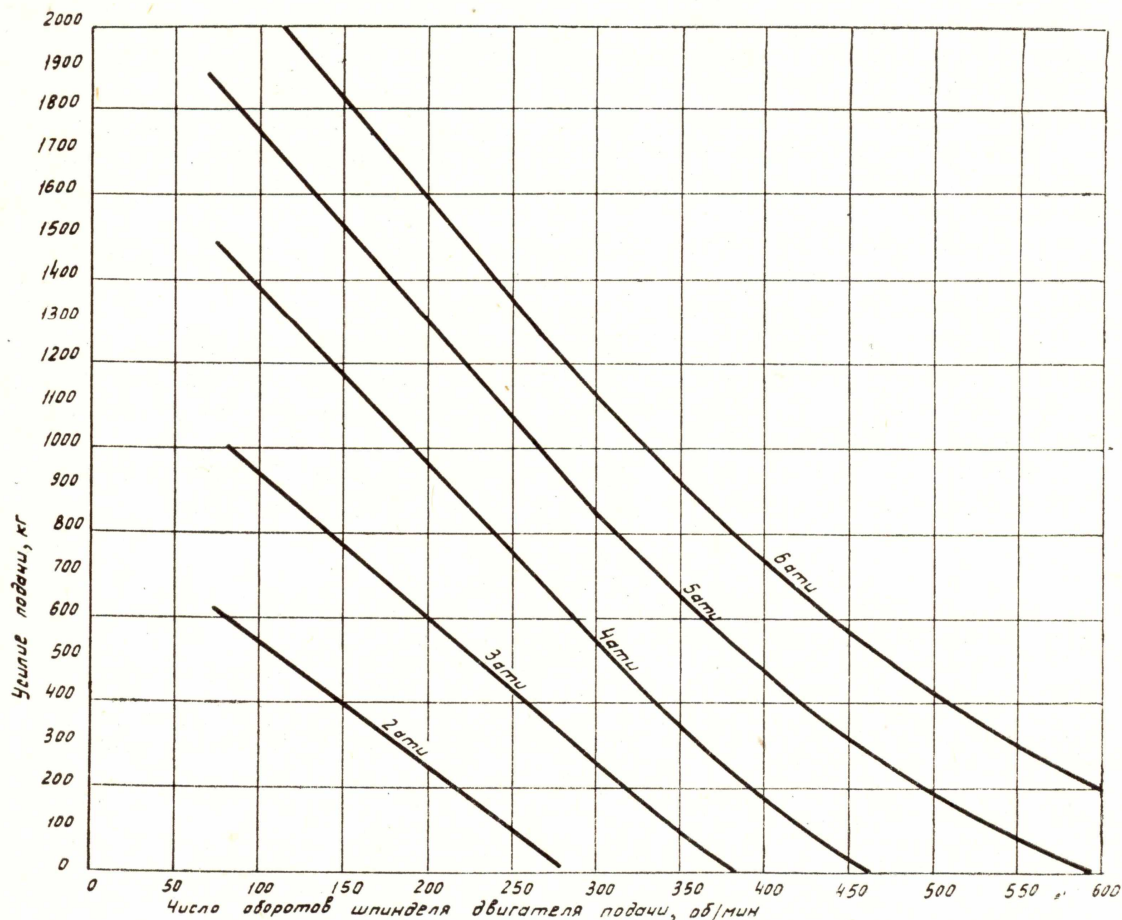


Рис. 4. Зависимость между усилием и скоростью подачи податчика сверла СПВЗ.

ровку давления воздуха, подводимого к податчику, иначе вращатель будет часто опрокидываться. Целесообразно податчик сверла СПВЗ с данным типом вращателя использовать при давлении воздуха 3 ати. В этом случае он будет развивать усилие подачи до 1000—1100 кг. Давление воздуха, подводимого к вращателю, должно быть 5—6 ати, чтобы обеспечить $M_{кр} = 20—22$ кгм. Для полного использования возможностей податчика сверла СПВЗ вращатель должен иметь значительно большие крутящий момент и перегрузочную способность.

Промышленные испытания сверл СПВ-1Д и СПВ-2Д на Степановском карьере г. Томска и на шахтах Кузбасса подтвердили работоспособность сверла СПВ-2Д и недостатки сверла СПВ-1Д [4]. В породах крепостью $f=6—8$ сверло СПВ-2Д обеспечивало машинную скорость бурения до 1500 м/мин при давлении воздуха в сети 3,5—4,5 ати. Время обуривания одним сверлом забоя площадью 14,5 м² (38 шпуров) составило 3,5—3,8 часа. При одинаковом времени обуривания забоя сверло СПВ-2Д заменило 4 бурильных молотка типа ПР-30лб, при этом производительность труда рабочих увеличилась более чем в 2 раза. Сверла СПВЗ в настоящее время готовятся к промышленным испытаниям.

По результатам исследовательских и конструкторских работ по созданию длинноходовых пневматических сверл, а также их промышленным испытаниям, можно сделать следующие выводы:

1. Намеченный путь создания длинноходовых пневматических бурильных машин верен, что подтвердилось промышленными испытаниями сверл. Конструктивная схема подаччиков сверл типа СПВ показала себя работоспособной и надежной в эксплуатации. Время вспомогательных операций при бурении шпуров значительно сократилось по сравнению с колонковыми бурильными машинами и бурильными молотками; увеличилась машинная скорость бурения и, вследствие этого, повысилась общая производительность труда при обурировании забоя.

2. Конструкцию винтового механизма подачи необходимо совершенствовать с целью обеспечения необходимых режимов бурения и повышения его к. п. д.

3. Необходимо провести дальнейшее исследование пневмопривода подачи различных типов с целью выбора наиболее экономического и обеспечивающего необходимые режимы бурения.

4. Работа по совершенствованию вращателей бура должна идти в направлении увеличения их крутящих моментов до 25—35 кгм при $n = 300—450$ об/мин бура, выбора наиболее экономичных типов пневмодвигателей и снижения их веса и габаритов.

5. Основой для создания промышленных партий длинноходовых пневматических сверл могут служить сверла СПВ-2Д и СПВЗ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алимов О. Д., Исследование процессов разрушения горных пород при бурении шпуров. Издательство Томского университета, 1960.

2. Алимов О. Д., Басов И. Г., Горбунов В. Ф., Маликов Д. Н., Бурильные машины, Госгортехиздат, 1960.

3. Алимов О. Д., Дозмаров В. З., Горбунов В. Ф., Жулев Ю. А., Лисовский Э. И., Податчик для перемещения бурильного инструмента. Авторское свидетельство, № 141462.

4. Алимов О. Д., Дозмаров В. З., Длинноходовое пневматическое сверло СПВ-2Д. Журнал Колыма, № 4, 1962.

5. Покровский Г. Н., Основные закономерности при вращательном бурении шпуров с постоянным усилием подачи. Труды ЗСФ АН СССР, вып. 19, 1957.

6. Колодяжный Н. С., Дворников Л. Т., Результаты лабораторных исследований электросверл ЭДП-20. Статья помещена в данном сборнике.

7. Алимов О. Д., Колодяжный Н. С., О создании длинноходовых электросверл с механической подачей. Известия вузов, Горный журнал, № 2, 1963.