

**В. Ф. ГОРБУНОВ, В. З. ДОЗМАРОВ, В. И. БАБУРОВ, А. П. НОВИКОВ,
Ю. А. ОПАРИН**

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ БУРИЛЬНОЙ МАШИНЫ БУ-1

(Представлено кафедрой горных машин и рудничного транспорта)

Исследование вращательно-ударной бурильной установки БУ-1 проведено с целью определения ее действительных параметров, сравнения их с проектными, анализа режимов бурения, а также разработки рекомендаций по улучшению ее технической характеристики. Исследования узлов машины проводились независимо и по методикам, описанным в литературе. Так, например, вращатель машины испытывался на стенде для исследования машин вращательного бурения [2], а ударный узел — на стенде для исследования бурильных молотков [1].

Исследование податчика машины БУ-1 проводилось в три этапа:

- а) определялись характеристики податчика при выключенных ударном узле и вращателе;
- б) определялось влияние ударного узла, работающего вхолостую, на тяговые характеристики податчика;
- в) отдельно от механизма подачи исследовалась работа пневмодвигателя податчика.

На рис. 1 приведена зависимость между усилием и скоростью подачи бурильной головки на забой при выключенном ударном узле. Увеличение сопротивления движению бурильной головки при постоянном давлении воздуха в сети приводит к уменьшению скорости подачи. При определенном максимальном значении усилия подачи движение бурильной головки прекращается.

Пределы изменения скорости и усилия подачи податчика бурильной машины БУ-1 в зависимости от давления воздуха в сети приведены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели	Давление воздуха в сети, <i>ати</i>				
	2	3	4	5	6
Максимальное усилие подачи, развиваемое податчиком, <i>кг</i>	650	1100	1600	1900	2200
Скорость подачи, соответствующая максимальному усилию подачи, <i>м/мин</i>	0,7—0,8	0,7—0,8	0,7—0,8	0,7—0,8	0,7—0,8
Максимальная скорость подачи (без нагрузки), <i>м/мин</i>	3,4	4,5	5,5	7,0	8,6

Полученные в лаборатории параметры податчика (табл. 1) отличаются от приведенных в его технической характеристике [3]. Максимальное усилие подачи по технической характеристике равно 1100 кг при давлении воздуха в сети 5 атм. При давлении воздуха 6 атм фактическое усилие подачи превышает паспортную величину в 2 раза.

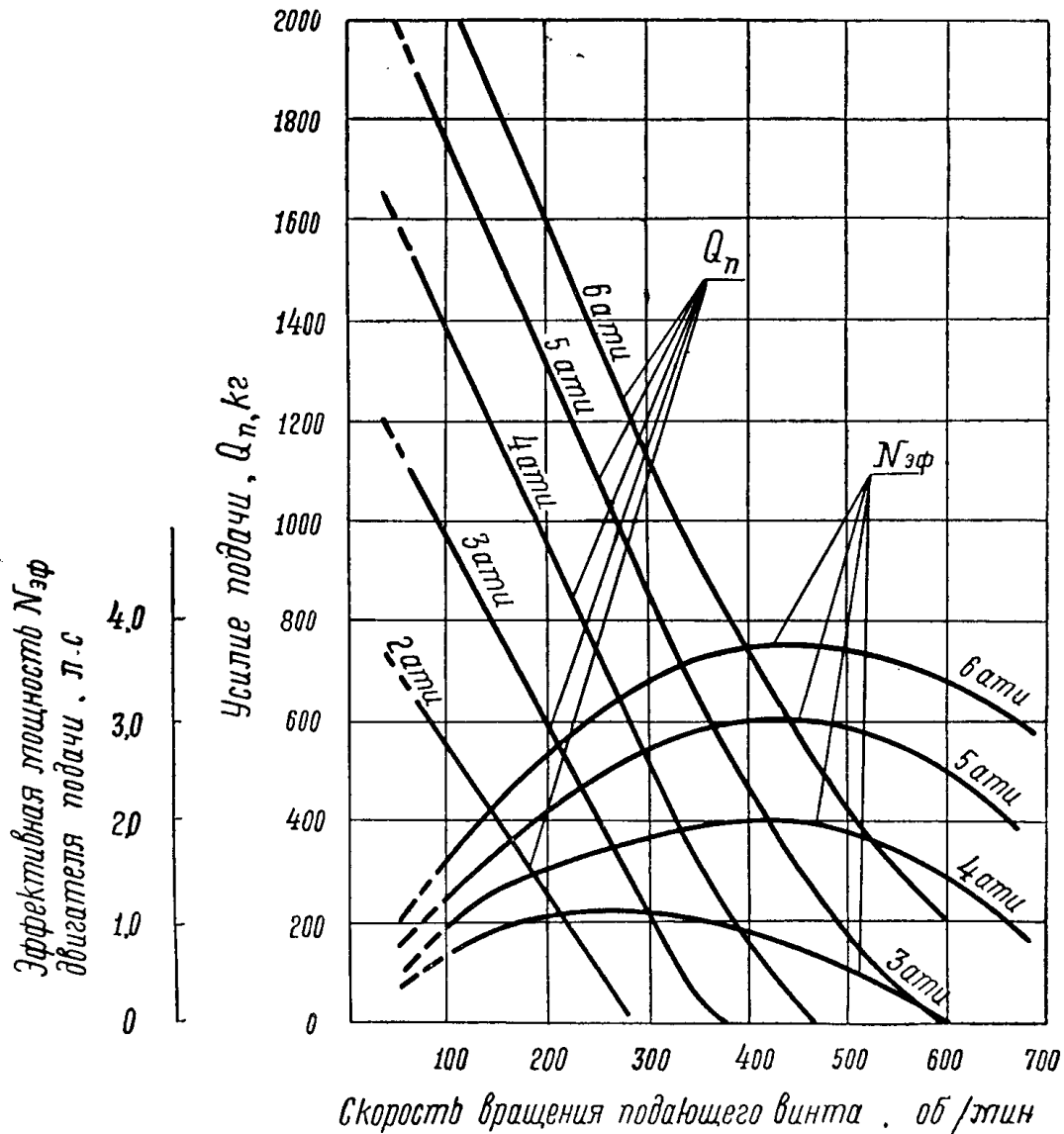


Рис. 1. Механические характеристики податчика машины БУ-1.

При любом давлении воздуха плавная подача бурильной головки на забой прекращается при скорости подачи 0,7—0,8 м/мин (скорость вращения винта 60—70 об/мин). Увеличение усилия подачи выше пределов, указанных в табл. 1, приводит сначала к прерывистому вращению винтового механизма подачи и затем к полной его остановке. Очевидно, для обеспечения малых скоростей подачи целесообразно увеличить передаточное отношение редуктора. Плавное изменение скорости движения бурильной головки при изменении усилия подачи и давления воздуха в сети (рис. 1) позволяет применять машину БУ-1 в широком диапазоне крепостей пород. Отпадает необходимость в настройке на отдельные режимы бурения при помощи дополнительных устройств (фрикционных муфт, сменных шестерен и т. п.), что требует дополнительных

затрат времени и средств. Однако регулирование режимов бурения путем изменения давления воздуха, подаваемого в двигатель податчика, имеет тот недостаток, что рабочий устанавливает давление воздуха, ориентируясь по скорости перемещения бурильной головки и уровню шума вращателя бура. Возможны случаи, когда двигатель вращения бура или недогружен (усилие подачи мало), или перегружен. В том и другом случае имеет место снижение машинной скорости бурения.

Для настройки машины на наиболее рациональный режим бурения необходим регулятор давления воздуха двигателя подачи (регулятор осевых усилий), работающий в зависимости от числа оборотов бура (крутящего момента на буре).

Исследование податчика установки БУ-1 при работающем вхолостую ударном узле показало, что работа ударного узла практически не оказывает влияния на характеристику податчика.

В зависимости от скорости вращения подающего винта изменяется эффективная мощность шестеренчатого двигателя податчика (рис. 1). При давлении воздуха в сети 4—6 *ати* максимальная эффективная мощность двигателя 2,0—3,8 *л. с.* соответствует интервалу скоростей вращения подающего винта 400—500 об/мин.

Податчик бурильной машины БУ-1 должен обеспечить скорость бурения 0,6—2,0 *м/мин*. Мощность двигателя подачи, соответствующая этому интервалу скоростей, представлена в табл. 2.

Таблица 2

Давление воздуха в сети, <i>ати</i>	Мощность двигателя подачи, <i>л. с.</i>	Усилие подачи, <i>кг</i>
3	0,4—1,0	1100—700
4	0,55—1,45	1600—1080
5	0,75—2,0	1900—1420
6	0,9—2,5	2200—1720

Из сравнения табл. 2 и рис. 1 видно, что двигатель подачи в процессе бурения развивает мощность в 1,5—2 раза ниже возможной.

Мощность, необходимая для перемещения бурильной головки в процессе бурения, меньше мощности, необходимой на обратное перемещение бурильной головки. При давлении воздуха в сети 5 *ати* бурение со скоростями 0,6—1,2 *м/мин* требует мощности двигателя податчика 0,3—0,45 *л. с.*, а для отвода вращателя со скоростью 6 *м/мин* требуется 0,66 *л. с.*, то есть в 1,5—2 раза больше. Следовательно, режим работы и характеристики податчика бурильной машины должны быть выбраны таким образом, чтобы максимальная мощность двигателя соответствовала холостому ходу бурильной головки. Податчик машины БУ-1 отвечает этому условию.

Минимальный удельный расход воздуха двигателем подачи соответствует давлению воздуха в сети 4—6 *ати* и скоростям вращения выходного вала 300—500 об/мин. С увеличением давления воздуха удельный расход его снижается. При скоростях вращения вала двигателя подачи 50—170 об/мин, соответствующих скоростям бурения 0,6—2,0 *м/мин*, удельный расход воздуха составляет 2—4 *м³/мин. л. с.*, что примерно в 2 раза выше удельного расхода воздуха при максимальной мощности двигателя. Общий расход воздуха двигателем подачи увеличивается с повышением давления воздуха в сети.

С целью оценки всего механизма податчика и отдельных его звеньев проведено определение значений к. п. д. пневмодвигателя, механическо-

го к. п. д. подающего устройства и общего к. п. д. податчика. Исследования показали, что податчик машины БУ-1 имеет общий к. п. д. 3—8% (рис. 2), причем максимальные значения к. п. д. получены в зоне скоростей подачи 2—5 м/мин. При увеличении скорости подачи от 0,6 до 2,0 м/мин, соответствующих скоростям бурения, общий к. п. д. податчика практически не зависит от давления воздуха в сети и возрастает с 3 до 7%.

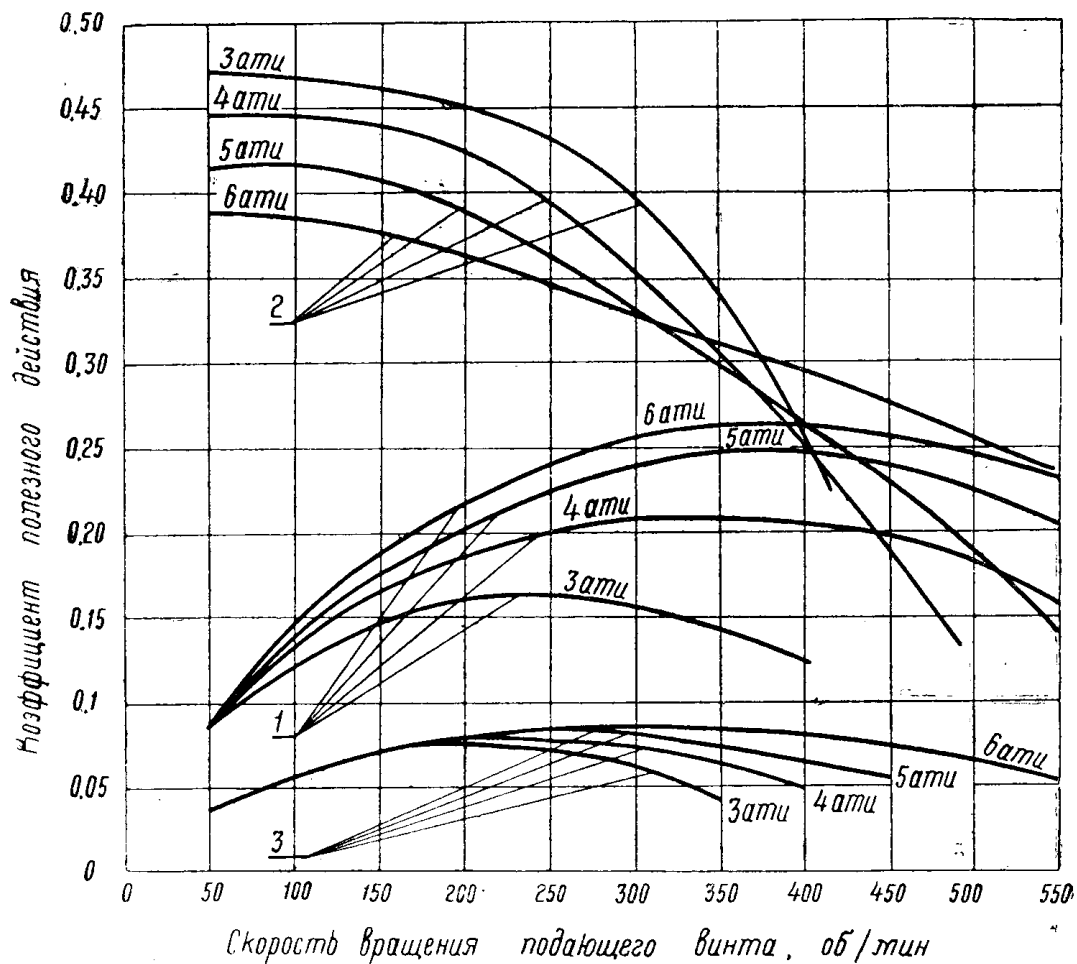


Рис. 2. Зависимость к. п. д. винтового податчика от скорости вращения винта: 1 — к. п. д. двигателя; 2 — механический к. п. д., 3 — общий к. п. д. податчика.

Максимальные значения к. п. д. двигателя податчика почти соответствуют скоростям холостого хода ударной головки и изменяются в зависимости от давления воздуха (табл. 3).

Таблица 3

Давление воздуха в сети, ати	Максимальное значение к. п. д. двигателя подачи	Скорость вращения винта подачи, соответствующая максимальному к. п. д.
3	0,15—0,16	150—300
4	0,20—0,21	250—400
5	0,24—0,25	300—400
6	0,25—0,26	300—450

При скоростях бурения 0,6—2,0 м/мин к. п. д. двигателя подачи равен 0,07—0,12, что в два раза ниже максимальных значений к. п. д.

Механический к. п. д. винтового механизма подачи уменьшается с увеличением скорости вращения подающего винта. В зоне рабочих скоростей подач 0,6—2,0 м/мин он имеет максимальные значения 0,39 и 0,47 соответственно для давления воздуха 6 и 3 ати (рис. 2).

Вращатель бурильной установки БУ-1 был исследован на универсальном стенде [2] для испытания машин вращательного действия. Нагрузка на бур создавалась фрикционной муфтой.

Из рис. 3, на котором представлена механическая характеристика вращателя, видно, что вращатель развивает максимальный крутящий момент 47 кгм при давлении воздуха 6 ати. Его перегрузочная способ-

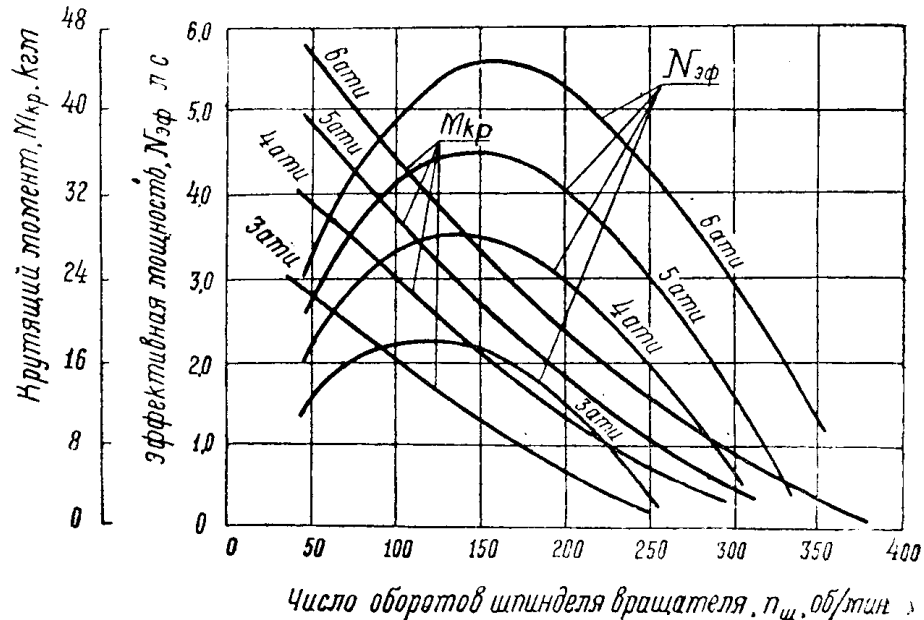


Рис. 3. Механические характеристики вращателя машины БУ-1.

ность $\frac{M_{\max}}{M_{\text{ном}}} = 1,6—2,0$. Предусмотренный проектом $M_{\text{кр}} = 25—30 \text{ кгм}$ достигается при давлении воздуха 6 ати и скорости вращения бура 150 об/мин.

При уменьшении давления воздуха до 4 ати необходимый крутящий момент может быть обеспечен за счет снижения скорости вращения до 80—90 об/мин.

Максимальная мощность шестеренчатого двигателя вращения бура соответствует проектному числу оборотов бура 150 об/мин (рис. 3), поэтому в процессе бурения энергетические возможности двигателя используются полностью.

Расход воздуха вращателем повышается с увеличением давления и скорости вращения бура. При проектной скорости вращения бура 150 об/мин расход воздуха вращателем равен 4, 5, 6 и 7 м³/мин соответственно для давления воздуха в сети 3, 4, 5 и 6 ати. Минимальный расход воздуха на единицу мощности соответствует интервалу скоростей вращения шпинделя 100—175 об/мин и равен 1,2—1,6 м³/мин.л. с. при давлениях воздуха в сети соответственно 4—6 ати. С повышением давления воздуха в сети удельный расход воздуха шестеренчатым двигателем вращения бура снижается.

Максимальное значение к. п. д. вращателя установки БУ-1 соответствует скоростям вращения бура 100—150 об/мин и равно 0,21—0,26.

Установка для исследования ударного узла машины БУ-1 была оснащена аппаратурой для осциллографирования диаграмм рабочего процесса ударного узла (изменение давления воздуха в полостях цилиндра по времени, момент удара ударника по буру и др.) [1, 3].

При испытаниях длина конструктивного хода ударника менялась через 1,5—2 мм в пределах 31—38 мм, а давление воздуха в сети изменялось от 2 до 6 атм.

Обработка осциллограмм давления производилась по методике, предложенной Б. В. Суднишниковым [5].

По результатам обработки осциллограмм выявлены зависимости частоты ударов, длины рабочего хода ударника, энергии удара и мощности от давления воздуха в сети и заданного конструктивного хода ударника; определен к. п. д. ударного узла.

В результате испытаний установлено, что при длине конструктивного хода ударника 31 и 33,4 мм ударный узел работает очень неустойчиво с фактической длиной хода только 16—18 мм. При конструктивном ходе ударника 36,8 мм энергия удара и к. п. д. узла имеют наибольшее значение. Последующее удлинение хода ударника ведет к снижению энергии удара и к. п. д. ударного узла. Оптимальное значение конструктивного хода ударника находится в пределах 35—37 мм. Отклонение от этих значений приводит к снижению энергии удара (рис. 4) и мощности узла. Длина рабочего хода ударника в зоне оптимальных значений конструктивного хода составляет 24—26 мм при давлении воздуха в сети 4—5 атм.

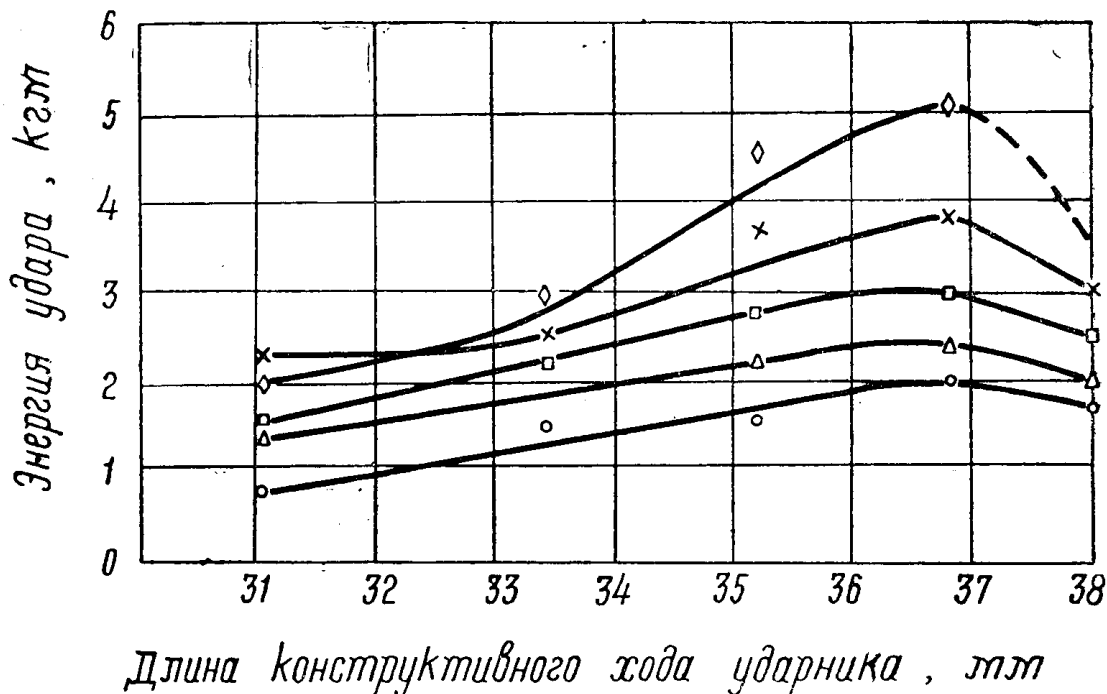


Рис. 4. Влияние длины хода поршня-ударника на энергию удара бурильной головки машины БУ-1.

Частота ударов при увеличении конструктивного хода ударника постепенно снижается.

Параметры ударного узла установки БУ-1, полученные в результате исследований, приведены в табл. 4 в сравнении с данными технической характеристики.

При установке ударного узла в корпус вращателя бурильной машины необходимо сочленение узлов выбирать так, чтобы положение точки соударения ударника с хвостовиком бура соответствовало рациональному ходу ударника или, другими словами, чтобы передний воздушный буфер в цилиндре ударного узла имел определенную величину.

Таблица 4

Показатели	Величина показателей	
	по данным завода	по данным испытаний
Давление воздуха, <i>ати</i>	4—5	
Частота ударов в минуту	3800—4000	3200—3500
Энергия удара, <i>кг.м</i>	4—5	3—3,75
Ударная мощность, <i>л. с.</i>	3,38—4,45	2,1—2,9
Рабочий ход ударника, <i>мм</i>	30	24—26
Длина переднего буфера, <i>мм</i>	8	5—5,5
Длина заднего буфера, <i>мм</i>	3	10,5—11,5
Расход воздуха, <i>м³/мин</i>	—	2,9—3,5
К. п. д., %	—	25—26

Нами установлено, что длина переднего воздушного буфера, данная в технической характеристике, велика. Уменьшение ее до 5—5,5 мм увеличивает ударную мощность узла на 6—16% и в то же время уменьшает величину заднего воздушного буфера на 5—5,5 мм.

При работе ударного узла с давлением воздуха в сети 4—6 *ати* наблюдается недовыхлоп из задней полости. Ввиду этого уменьшается длина рабочего хода ударника, увеличивается длина переднего воздушного буфера, а энергетические показатели ударного узла ухудшаются. Как показали проведенные исследования, перемещение выхлопных окон ударного узла в сторону золотниковой коробки на 5—6 мм или увеличение их сечения улучшит работу ударного узла, так как увеличится рабочий ход ударника за счет уменьшения заднего воздушного буфера.

Выводы

1. Податчик бурильной машины БУ-1 обеспечивает максимальные усилия и скорости подачи, обусловленные технической характеристикой. Скорость подачи вращателя можно плавно регулировать в зависимости от изменения крепости буримых пород путем изменения давления подводимого воздуха. Однако податчик не обеспечивает устойчивой скорости подачи ниже 0,6—0,7 *м/мин*. Этот недостаток можно устранить путем некоторого увеличения передаточного отношения редуктора двигателя подачи.

2. Податчик бурильной машины имеет высокую скорость обратного хода (6—7 *м/мин*), что позволяет существенно сократить время вспомогательных операций при бурении.

3. Максимальная мощность вращателя бура установки БУ-1 соответствует проектной скорости вращения бура 150 *об/мин*, а необходимый крутящий момент может быть обеспечен при давлении воздуха 4—6 *ати*.

4. Оптимальным для испытанного ударного узла является конструктивный ход ударника 35—37 мм. В этом случае ударный узел имеет лучшие для данной конструкции энергетические показатели, однако ниже проектных.

5. С целью улучшения работы ударного узла и увеличения его мощности целесообразно пересмотреть расположение воздухоподводящих каналов ударного узла в соответствии с указанными в тексте рекомендациями. При этом могут быть достигнуты параметры, указанные заводом в технической характеристике.

ЛИТЕРАТУРА

1. О. Д. Алимов, И. Г. Басов, В. Ф. Горбунов, Д. Н. Маликов. Бурильные машины. Госгортехиздат, 1960.
 2. О. Д. Алимов, Л. Т. Дворников, Н. С. Колодяжный. Методика лабораторных испытаний бурильных машин вращательного действия. Механизмы и машины ударного, вращательного и вращательно-ударного действия. Межвузовский сборник трудов, вып. 1, Новосибирск, 1963.
 3. В. И. Бабуров, В. Ф. Горбунов, Ю. А. Опарин. Экспериментальная установка для исследования рубильно-клепальных молотков. Статья в данном сборнике.
 4. Новое в области бурения шпуров и скважин. Сб. «Взрывное дело». 46/3, Госгортехиздат, 1961.
 5. Б. В. Суднишников. Влияние параметров прямого хода на мощность и отдачу пневматического молотка. Сб. «Ударно-вращательное бурение. Машины ударного действия», Новосибирск, 1956.
-