

**ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ  
ВРАЩАТЕЛЬНО-УДАРНОГО БУРЕНИЯ ШПУРОВ**

Я. А. Серов

Для работы машины вращательно-ударного действия на том или ином режиме необходимо затратить определенную мощность на работу вращателя бура, ударного узла и подающего механизма. В просмотренной нами литературе зарубежными исследователями не выяснена зависимость мощности вращателя от усилия подачи. Поэтому нельзя судить о целесообразности выбора мощности вращателя в машинах вращательно-ударного действия, выпускаемых различными фирмами. Исследования показали, что мощность, затрачиваемая на вращение бура при вращательно-ударном и вращательном способах бурения, непрерывно возрастает с увеличением усилия подачи и скорости вращения бура (рис. 1). Необходимо отметить, что в работе приводятся значения мощностей вращателя, молотка и податчика, передаваемых на бур с учетом всех потерь [1]. При наибольших скоростях вращательно-ударного бурения песчаников ( $n_6=408$  об/мин) мощность вращателя достигает 7 квт, а при бурении диабазы и роговика — 2,5 квт. С увеличением давления воздуха, подводимого к молотку, с 4 до 6 атм мощность вращателя изменяется незначительно. В одинаковых условиях для вращательно-ударного бурения требуется несколько большая мощность, чем для вращательного. Увеличение числа ударов (применение в качестве ударного узла молотка РН-754 вместо ОМ-506) ведет к возрастанию потребляемой вращателем мощности при бурении песчаника примерно на 10—40%. Наибольшее увеличение мощности в этом случае происходит при меньших скоростях вращения бура (196 об/мин). На величину мощности, потребляемой вращателем, оказывает влияние геометрия принятого инструмента (рис. 1).

Мощность, передаваемая буру ударным узлом, увеличивается при применении более мощных молотков (в том числе высоко-

частотных) и при повышении давления воздуха, подводимого к бурильному молотку. При давлении воздуха 4 и 6 *ати* мощность, передаваемая буру молотком ОМ-506, составляла 900 и 1100 *вт*, а молотком РН-754—1700 и 2600 *вт*. Расход мощности на подачу увеличивается пропорционально усилию подачи.

Общая суммарная мощность, передаваемая буру вращателем, ударным узлом и податчиком (рис. 2), возрастает с увеличением усилия подачи, числа оборотов бура, частоты и энергии ударов и мало зависит от геометрии инструмента. При работе на режимах, обеспечивающих наибольшие скорости бурения песчаников, общие затраты мощности составляли 6—9 *квт*, а при бурении

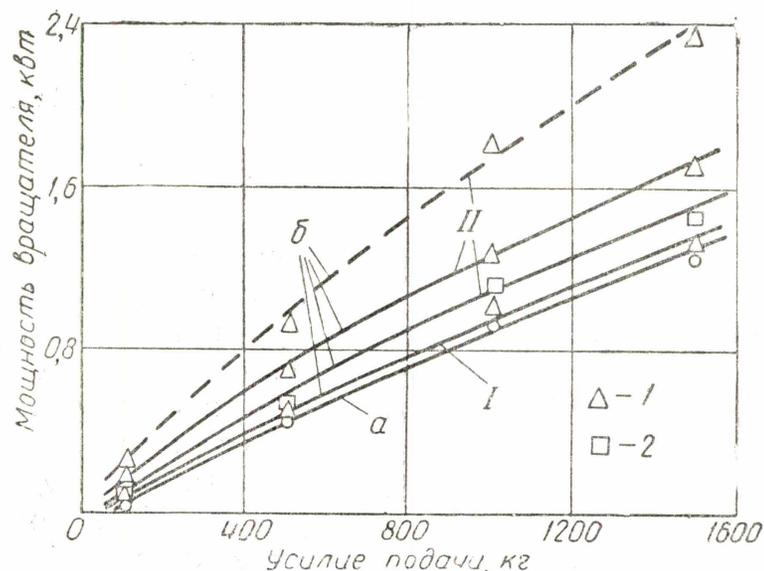


Рис. 1. Мощность, необходимая для вращения бура при различных режимах бурения: горная порода — диабаз  $f = 14 \div 16$ ; а — вращательное бурение коронкой № 4; б — вращательно-ударное бурение коронкой № 1 (I) и коронкой № 4 (II); давление воздуха в молотке 4 *ати* (1) и 6 *ати* (2); скорость вращения бура — — — 95 об/мин, - - - 152 об/мин.

диабаз и роговика — 3—4,5 *квт*. Для увеличения скорости вращательно-ударного бурения крепких горных пород необходимо приложить большую мощность к буровому инструменту через три узла — вращатель, молоток и податчик. Для решения этого вопроса необходимо получить данные о рациональном распределении мощности между отдельными узлами.

Некоторые зарубежные авторы [3] приводят в своих работах общие рассуждения о количественном распределении мощности, затрачиваемой отдельными узлами машины, при бурении пород различной крепости. Причем эти рассуждения экспериментальными данными не подтверждаются. Однако для конструирования бурильных машин вращательно-ударного действия важное значение имеет соотношение мощностей отдельных узлов, которое приближенно характеризует распределение энергии, идущей

на разрушение забоя шпура между поворотным и ударным узлами.

Зависимость относительного расхода мощности отдельными узлами от режимов бурения показана на рис. 3, 4. При построении зависимостей, изображенных на рис. 3, 4, общий расход мощности был принят за 100%, а мощности отдельных узлов составляли определенную его часть.

Из рис. 3, 4 видно, что при всех режимах бурения с увеличением усилия подачи и скорости вращения бура растет мощность вращателя (возрастает доля вращательного разрушения

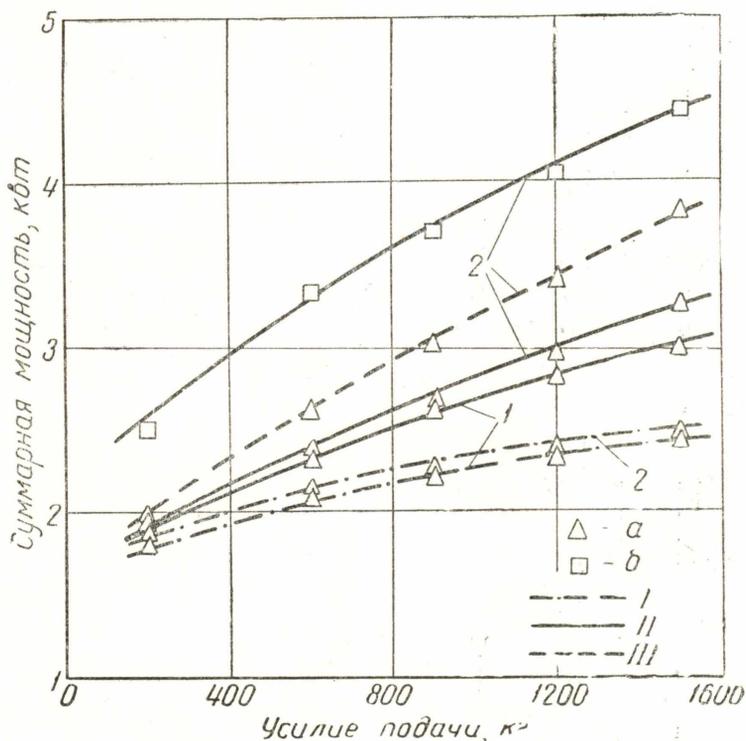


Рис. 2. Зависимость суммарной мощности буровой установки от режимов вращательно-ударного бурения:

1 — коронка № 1; 2 — коронка № 2; давление воздуха в молотке: а — 4 ати; б — 6 ати; скорость вращения бура: I — 51 об/мин, II — 95 об/мин, III — 152 об/мин

горной породы). С другой стороны, за счет этого относительная мощность молотка снижается. Повышение давления воздуха в молотке ударного узла с 4 до 6 ати ведет к увеличению относительной мощности молотка и снижению относительной мощности вращателя (рис. 3, 4).

Увеличение числа ударов (применение в качестве ударного узла молотка РН-754 вместо молотка ОМ-506) приводит во всех случаях (рис. 3) к повышению относительной мощности молотка и снижению мощности вращателя.

При всех режимах вращательно-ударного бурения относительная мощность податчика почти не изменяется.

Относительный расход мощности отдельными узлами показывает, что процесс разрушения горной породы средней крепости происходит в основном за счет вращательного движения бурового инструмента (рис. 3), а при бурении крепких пород — за счет внедрения коронок от действия ударов (рис. 4). Поэтому на долю вращателя в первом случае приходится в среднем 70%

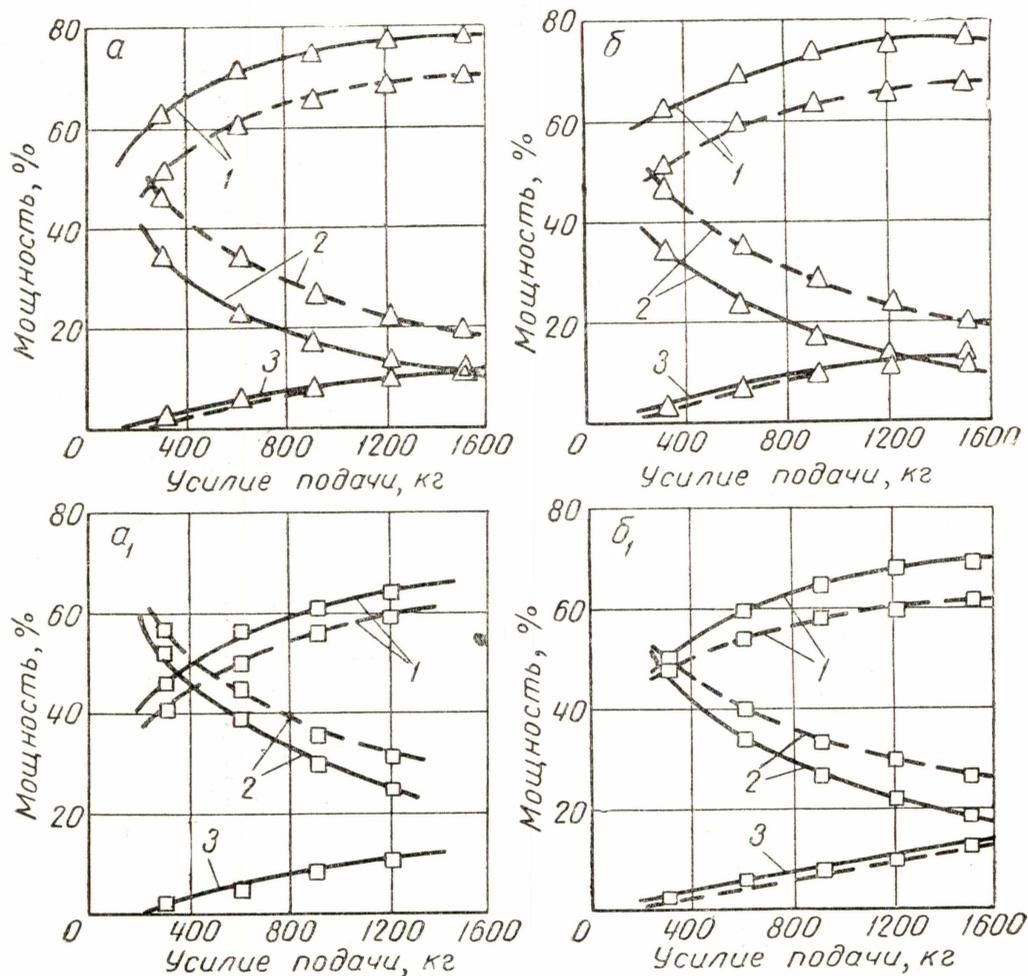


Рис. 3. Относительный расход мощности вращателем (1), молотком (2) и податчиком (3) при различных режимах вращательно-ударного бурения:

горная порода — песчаник  $f = 8 \div 12$ , скорость вращения бура 408 об/мин: *a* — коронка № 2,  $p = 4$  ати; *а<sub>1</sub>* — коронка № 2,  $p = 6$  ати; *б* — коронка № 4,  $p = 4$  ати; *б<sub>1</sub>* — коронка № 4,  $p = 6$  ати; — — — молоток ОМ-506, — — — молоток RH-754.

общих затрат мощности, а на долю ударного узла 20%, во втором случае соответственно 40 и 50%. К тому же мощность вращателя при бурении горных пород средней крепости достигает 7 квт, а при бурении крепких пород — 2,5 квт.

Геометрия инструмента практически не изменяет относительного распределения мощности между отдельными узлами.

Энергоемкость разрушения горных пород при всех режимах вращательного и вращательно-ударного бурения снижается с

увеличением усилия подачи, а затем остается практически постоянной (рис. 5).

Плавное уменьшение энергоемкости бурения объясняется тем, что процесс разрушения при малых усилиях подачи происходит

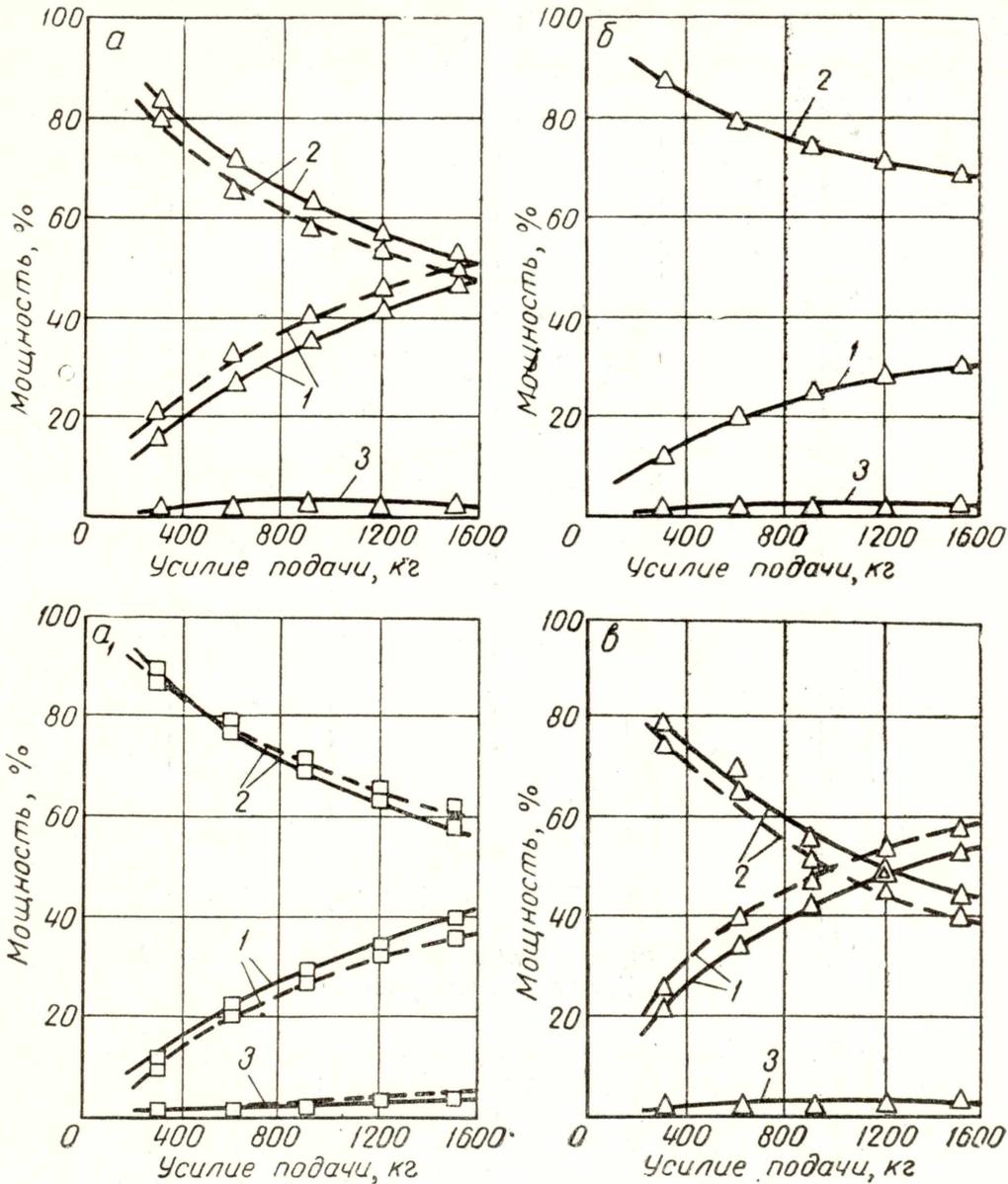


Рис. 4. Относительный расход мощности вращателем (1), молотком (2) и податчиком (3) при различных режимах вращательно-ударного бурения; горная порода:

— роговик, --- диабаз; коронка № 4; молоток RH-754; а<sub>п</sub>— $n_6=95$  об/мин,  $p=4$  ати; а<sub>1</sub>— $n_6=95$  об/мин,  $p=6$  ати; б— $n_6=51$  об/мин,  $p=4$  ати; в— $n_6=152$  об/мин,  $p=ати$ .

не в области объемного разрушения, а в области упругих деформаций и поверхностного износа. В этот период до начала объемного разрушения затраты мощности на процесс разрушения горной породы велики, а скорости бурения относительно низ-

кие. Поэтому энергоемкость бурения большая, так как она прямо пропорциональна затратам мощности и обратно пропорциональна скорости бурения.

Энергоемкость вращательно-ударного бурения, так же как и вращательного, в сильной мере зависит от геометрии бурового инструмента. Объемная работа разрушения меньше для коронок, обеспечивающих большие скорости бурения. Минимальная энер-

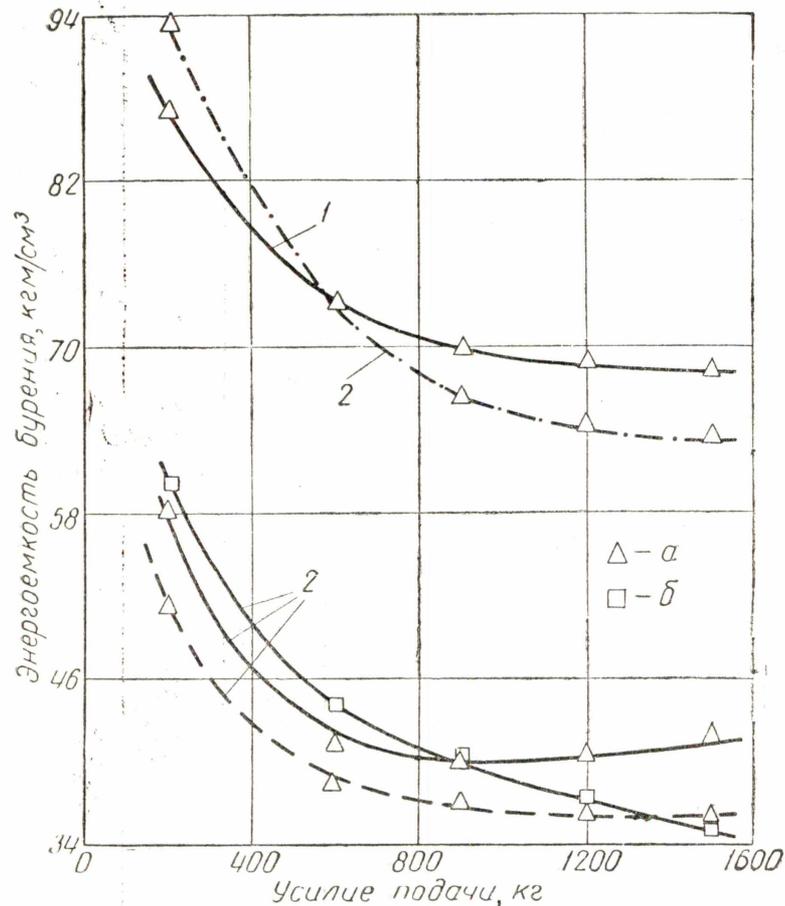


Рис. 5. Энергоемкость процесса разрушения при различных режимах бурения:

горная порода — роговик; — · — · —  $n_6 = 51$  об/мин;  
 — — — —  $n_6 = 95$  об/мин; — — — —  $n_6 = 152$  об/мин;  
 давление воздуха в молотке а — 4 атм; б — 6 атм; 1 — коронка № 1; 2 — коронка № 4.

гоемкость бурения песчаника 6—9  $\text{кгм/см}^3$  была получена при применении коронок № 2 и 3 (с передним углом  $\gamma = 0^\circ \div -10^\circ$ ) [2] и усилиях подачи 500—600 кг. При этих же режимах бурения, но использовании однодолотчатых коронок № 1 ( $\gamma = -55^\circ$ ) энергоемкость бурения увеличилась в 2—3 раза и достигала 16—22  $\text{кгм/см}^3$ . Характерным является то обстоятельство, что минимальная энергоемкость, как правило, соответствует усилиям подачи, при которых приращение скорости вращательно-ударного бурения относительно вращательного достигает максимума [1]. При бурении диабаз и роговика энергоемкость 33—39  $\text{кгм/см}^3$

была получена при применении коронок № 4 (с  $\gamma = -25^\circ$ ) и усилиях подачи 900—1200 кг. В аналогичных условиях энергоемкость бурения однодолотчатыми коронками № 1 увеличилась в 1,5—1,7 раза.

С увеличением скорости вращения бура (с 95 до 152 об/мин) энергоемкость вращательно-ударного бурения практически остается постоянной. Однако в случае бурения роговика увеличение числа оборотов бура с 51 до 95 об/мин снижало объемную работу в среднем на 60% (рис. 5). Это объясняется большой величиной энергоемкости бурения при  $n_6 = 51$  об/мин, когда наблюдалось значительное измельчение горной породы (на один оборот бура приходилось 50—70 ударов), а скорости бурения были невелики.

Энергоемкость вращательно-ударного бурения песчаника незначительно превышает энергоемкость вращательного способа.

При бурении диабазов энергоемкость разрушения вращательным способом в диапазоне усилий подачи 300—1500 кг превосходит в  $20 \div 2$  раза энергоемкость вращательно-ударного бурения. Большое значение энергоемкости вращательного бурения при малых усилиях подачи объясняется незначительной скоростью бурения, так как при малых усилиях подачи давление в месте контакта инструмента и горной породы недостаточно для объемного разрушения последней. В аналогичных условиях при вращательно-ударном бурении удары по буру обеспечивают внедрение резца в горную породу. Поэтому скорости вращательно-ударного бурения выше, а следовательно, энергоемкость ниже по сравнению с вращательным способом.

На основании проведенных исследований можно рекомендовать параметры отдельных узлов машины вращательно-ударного действия.

При выборе параметров машины, предназначенной для бурения шпуров при проведении подготовительных выработок по породам средней крепости ( $f = 8 \div 10$ ), мы исходили из условия достижения высоких скоростей бурения при рациональном распределении мощности между отдельными узлами машины. Анализ расхода мощности отдельными узлами показал, что при достижении высоких скоростей бурения горных пород средней крепости относительные затраты мощности вращателем составляют 70%, а молотком 20%, т. е. есть основания предполагать, что основное разрушение горной породы происходит за счет вращательного движения инструмента. Поэтому увеличивать число ударов свыше 3500 в минуту и повышать мощность молотка представляется нецелесообразным. На основании этих соображений можно рекомендовать число ударов 3000—3500 в минуту с энергией удара 3—5 кгм, мощность двигателя вращателя 4 квт при оптимальном усилии подачи 1000—1200 кг [2].

При выборе параметров машин вращательно-ударного способа бурения горных пород высокой крепости нами была поставле-

на задача увеличения скорости бурения без снижения износостойкости коронок. Для увеличения скорости бурения необходимо приложить большую мощность к буровому инструменту через три узла (податчик, вращатель, ударный узел). Относительное распределение мощности между отдельными узлами показывает, что мощность податчика составляет не более 4% общих затрат мощности и определяется в основном скоростью бурения. Мощность вращателя зависит от усилия подачи, скорости вращения бура и крепости породы (возрастает с увеличением скорости вращения бура, усилия подачи с уменьшением крепости горной породы).

На основании исследования режимов и износостойкости инструмента было установлено, что усилия подачи при вращательно-ударном бурении следует принимать в пределах 1000—1200 кг, а число оборотов бура 90—100 в минуту [1, 2]. Отсюда следует вывод, что увеличить мощность вращателя свыше 2 квт не представляется возможным. Остается единственный путь увеличения прилагаемой к буровому инструменту мощности — за счет повышения мощности молотка ударного узла. Мощность молотка можно повысить увеличением числа или энергии ударов. Исследованиями было установлено, что увеличивать энергию удара молотка свыше 4—5 кгм нельзя из-за недостаточной прочности пластин твердого сплава буровых коронок [2]. Следовательно, необходимо повысить мощность ударного узла за счет увеличения числа ударов с 3500 до 5000—6000 в минуту при энергии единичного удара не свыше 4—5 кгм. Очевидно, что повышение числа ударов необходимо сочетать с увеличением скорости вращения бура (со 100 до 200 об/мин). В соответствии с вышеизложенным можно рекомендовать число ударов 3500—6000 в минуту с энергией удара 4—5 кгм и мощность вращателя 3 квт.

На основании вышеизложенного можно заключить, что параметры отдельных узлов машины вращательно-ударного действия будут различными для условия бурения горных пород средней и высокой крепости.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. О. Д. Алимов, И. Г. Ляпичев, Я. А. Серов. Исследование вращательно-ударного бурения. Известия ТПИ, т. 106, Metallurgizdat, 1958.
2. Я. А. Серов. Исследование бурового инструмента для вращательно-ударного бурения шпуров. Статья в данном сборнике.
3. В. G. Fish. Percussive — Rotary Drilling. The Mining Magazine, 1956, March, vol. 94, № 3, p. 133—142.