

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ БУРИЛЬНЫХ МОЛОТКОВ

О. Д. АЛИМОВ

В послевоенные годы заводами Советского Союза создано много высокопроизводительных машин для механизации тяжелых и трудоемких процессов в горнорудной, угольной и строительной промышленности. В том числе созданы новые, более совершенные и более производительные пневматические бурильные молотки типа ОМ-506, КЦМ-4 и др., применение которых позволило значительно увеличить производительность буровзрывных работ.

Выпуск нашей промышленностью бурильных молотков с различными техническими характеристиками и различными приспособлениями для облегчения их эксплуатации (ручных, телескопных и колонковых бурильных молотков) дает возможность наиболее целесообразно подбирать и использовать их для различных условий ведения горных работ.

Так, для бурения шпуров в крепких породах при проходке подготовительных выработок созданы колонковые бурильные молотки типа КЦМ 4, установленные на автоподатчиках. Колонковые бурильные молотки успешно применяются и при обурировании забоя при добыче руд.

Телескопные бурильные молотки ПТ-30 и ТП-4 дали возможность значительно облегчить работу бурильщиков при наиболее трудоемком процессе бурения шпуров, направленных вертикально вверх. Это позволило стахановцам-бурильщикам перейти на одновременную работу двумя и даже четырьмя бурильными молотками.

Значительно снизилась трудоемкость и при бурении горизонтальных и наклонных шпуров ручными бурильными молотками за счет применения пневмоподдержек. При бурении ручными бурильными молотками с пневмоподдержек усилие для поддержания молотка в нужном положении, а также частично усилие для подачи осуществляется за счет телескопической пневмоподдержки. Благодаря этому значительно изменилась роль бурильщика в процессе бурения, которая сводится в основном к регулированию работы бурильного молотка и поддержке бурильного молотка от бокового перемещения. Это позволило понизить влияние отдачи молотка на здоровье бурильщика, увеличить вес так называемых ручных бурильных молотков до 30—35 кг и вследствие этого увеличить их мощность и производительность.

Для бурения шпуров и глубоких скважин большого диаметра в породах высокой крепости Криворожским заводом „Коммунист“ за последние годы созданы мощные колонковые бурильные молотки весом 50—70 кг.

Однако имеющееся разнообразие конструкций выпускаемых бурильных молотков создает ряд трудностей при их выборе и эксплуатации. Так, например, в настоящее время имеется до 9 типов ручных бурильных молотков, ряд из них различается на основании мелких (не принципиальных) конструктивных отличий (ОМ 506л, ОМ-506м, ПМ-508).

Выбор бурильного молотка для тех или иных условий работы, пра-

вильная оценка его качества затрудняется ввиду отсутствия в литературе сравнительных технических характеристик бурильных молотков, полученных при одних и тех же условиях эксплуатации или испытания. Поэтому значительный интерес представляют данные лабораторных и промышленных испытаний пневматических бурильных молотков, выпускаемых заводами Советского Союза, которые были проведены в 1952—1953 г.

Лабораторные испытания проводились кафедрой горных машин и рудничного транспорта на Томском электромеханическом заводе. Промышленные испытания проводились межведомственной комиссией на руднике Сокольном Лениногорского полиметаллического комбината.

Задачей испытания было установление сравнительных технических характеристик бурильных молотков, в зависимости от давления воздуха в пределах 4—7 *ати*.

Все молотки, выпускаемые заводами Советского Союза (за исключением тяжелых колонковых бурильных молотков Криворожского завода „Коммунист“), были испытаны по единой методике, на одних и тех же лабораторных установках и в одних и тех же производственных условиях. Полученные при этом результаты приведены в табл. 1, 2.

Данные по тяжелым колонковым бурильным молоткам типа КС-50, ПК-60 и КТ-70, а также по ручному молотку РТ-38 приведены на основании лабораторных испытаний Криворожского завода „Коммунист“.

Для возможности сравнения тех и других данных в табл. 1, 2 приводятся характеристики молотков при работе с давлением воздуха—5 *ати*. Из табл. 1—2 видно, что даже однотипные молотки при работе на одном и том же давлении воздуха имеют различные технические характеристики и различный окончательный результат—скорость бурения.

Как известно [1—6], основными параметрами, определяющими скорость ударно-вращательного бурения, являются энергия удара, число ударов и число оборотов бура. На основании данных испытаний можно установить, что числовые значения этих параметров для пневматических бурильных молотков при давлении воздуха 5 *ати* находятся в пределах, указанных в табл. 3.

Одновременное увеличение энергии и числа ударов современных бурильных молотков без изменения их конструкции и габаритов возможно за счет увеличения давления сжатого воздуха. Как видно из рис. 1 и 2, увеличение давления сжатого воздуха с 4 до 7 *ати* увеличивает энергию удара молотка на 70—80% и число ударов на 17—25%. Это приводит к значительному увеличению скорости бурения. Скорость бурения ручными и телескопными бурильными молотками, рис. 3 и 4, при увеличении давления воздуха с 5 до 7 *ати* увеличивается при бурении по горной породе крепостью $f = 8 - 10$ (по шкале профессора Протождяконова) на 30—140%; при бурении по горной породе $f = 14 - 15$ соответственно на 26—100%. Скорость бурения колонковыми бурильными молотками типа КЦМ-4 соответственно увеличивается на 90—50%.

Кроме того, при увеличении давления сжатого воздуха до 7 *ати* у большинства молотков увеличивается изотермический коэффициент полезного действия (рис. 5), уменьшается общий расход электроэнергии на один погонный метр шпура, режим работы молотка становится более устойчивым. Сравнение основных показателей бурильных молотков при давлении 5 и 7 *ати* приведено в табл. 4.

Наибольший изотермический к.п.д., а следовательно, и наиболее целесообразное преобразование энергии сжатого воздуха в энергию ударов достигается в бурильных молотках ОМ-506, ПА-23, ПР-35, где при давлении воздуха 7 *ати* изотермический к.п.д. достигает 25%. Это дает основание сделать вывод, что в этих бурильных молотках соотношение основных параметров лучше по сравнению с другими.

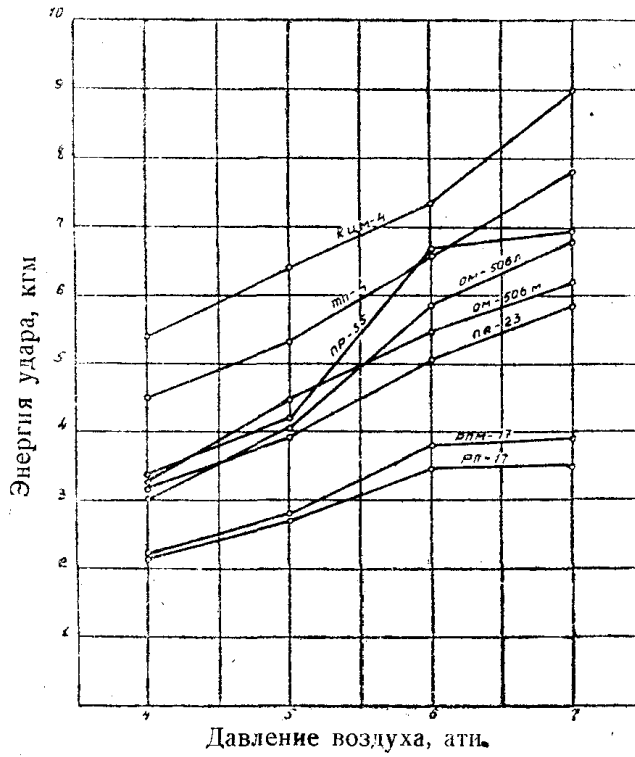


Рис. 1

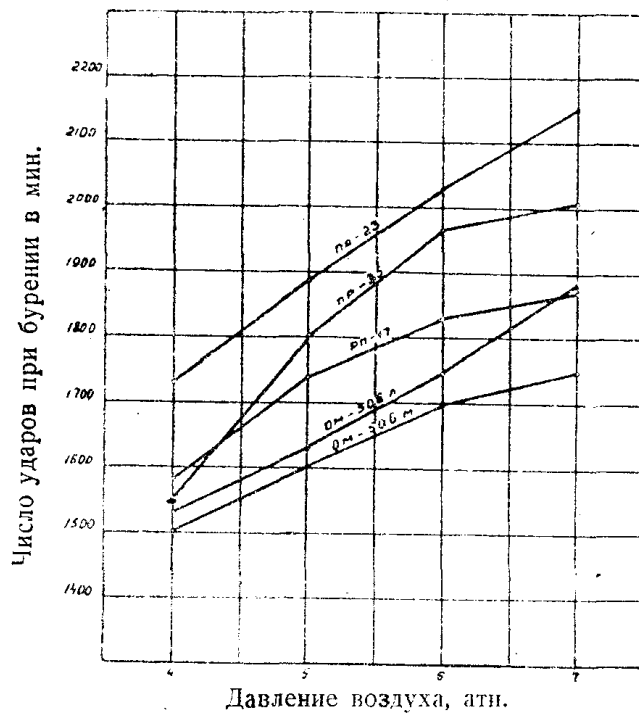
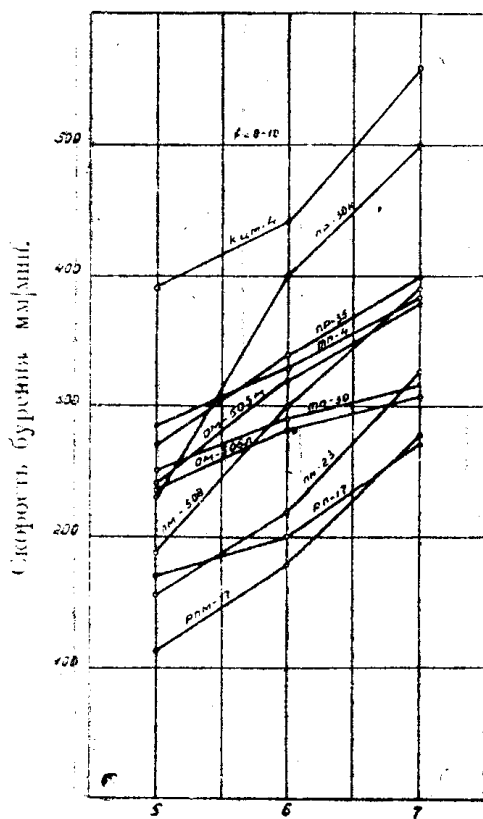
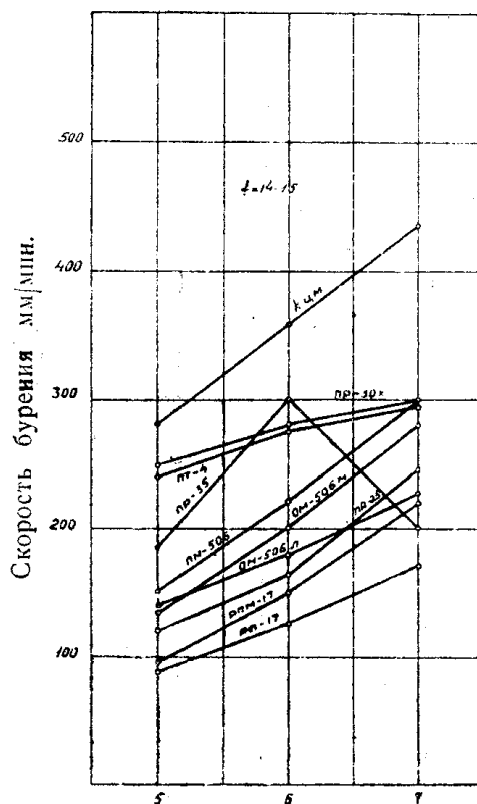


Рис. 2



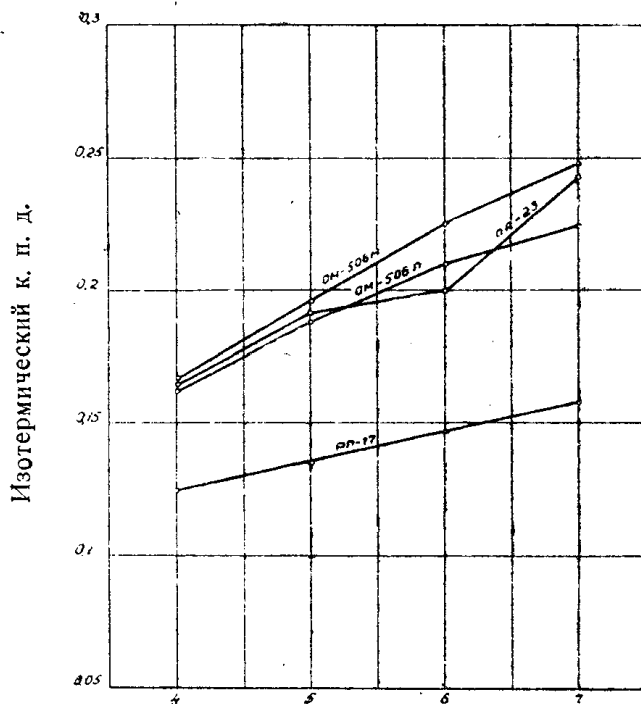
Давление воздуха в ати.

Рис. 3



Давление воздуха в ати.

Рис. 4



Давление воздуха в ати.

Рис. 5

| № п. п. | Техническая характеристика | Ручные бурильные молотки | | | | | | | |
|---------|--|--------------------------|-----------|-----------|----------|---------|-----------|-----------|---------|
| | | РП-17 | РПМ-17 | ОМ-506 | ОМ-506 м | ПМ-508 | ПА-23 | ПР-35 | ПР-30К |
| 1 | Вес молотка, кг | 16,5 | 18,5 | 29,5 | 29,5 | — | 22,3 | 28 | 30 |
| 2 | Диаметр цилиндра, мм | 60 | 60 | 65 | 63,5 | 63,5 | 68 | 72 | 76 |
| 3 | Ход поршня, мм | 45 | 45 | 60 | — | — | 60 | 65 | 74 |
| 4 | Вес поршня (бойка), кг | 1,625 | 1,625 | 1,725 | 2,0 | 2,0 | 1,8 | 2,25 | 2,7 |
| 5 | Скорость поршня (бойка) перед ударом, м/сек | 5,5—5,8 | 5,4—5,9 | 6,7—6,8 | 6,56 | 6,24 | 6,0—6,5 | 6,5 | 6,5 |
| 6 | Энергия удара (на бойке), кгм | 2,6—2,8 | 2,7—2,9 | 4,0—4,1 | 4,45 | 4,0 | 3,4—3,9 | 4,9 | 5,8—6,0 |
| 7 | Число ударов при бурении в мин | 1750 | 1733—1770 | 1617—1650 | 1600 | 1600 | 1850—1915 | 1783—1817 | 1440 |
| 8 | Шаг резьбы геликоидального стержня, мм | 800 | 800 | 800 | 750 | 650/550 | 781,5 | 781,5 | 960 |
| 9 | Число оборотов бура при бурении в мин. | 75 | 150 | 330 | 240 | 178 | 214 | 300 | 240 |
| | Усилие подачи при замере числа ударов и оборотов, кг | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 | 48 |
| 10 | Максимальный крутящий момент на буре, кгсм | — | — | 68 | 58 | — | 88 | 87 | — |
| | Соотв. число оборотов в мин. | — | — | 75 | 80 | — | 88 | 60 | — |

| № п. п. | Техническая характеристика | Ручные бурильные молотки | | | | | | | |
|---------|--|--------------------------|-----------|-----------|----------|--------|-----------|-----------|-----------|
| | | РП-17 | РПМ-17 | ОМ-506 | ОМ-506 м | ПМ-508 | ПА-23 | ПР-35 | ПР-30К |
| 11 | Скорость бурения породы при крепости $f = 8 - 10$, мм/мин . | 170 | 115 | 238 | 240 | 189 | 155 | 70 | 230 |
| | Объемная работа разрушения кгм/см ³ | 14,7—20 | 14,4—26,7 | 21—22,3 | 20,8 | — | 28—29,7 | 20—21,6 | 25—33 |
| 12 | Скорость бурения породы при крепости $f = 14 - 15$ мм(мин) . | 95 | 97 | 140 | 135 | 150 | 120 | 185 | 250 |
| | Объемная работа разрушения, кг/см ³ | 26,4—37,7 | 29—31,7 | 3,35—38 | 37 | — | 37,5—38 | 30—33 | 24—30 |
| 13 | Диаметр буровой коронки при определении скорости бурения, мм | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| 14 | Расход воздуха в м ³ /мин | 1,9—2,9 | 2,2—2,4 | 2,6—2,65 | 2,65 | 2,3 | 2,4—2,5 | 2,6—2,75 | 3,0 |
| 15 | Мощность, затрачиваемая на работу молотка, квт | 5,65—8,6 | 6,55—7 | 7,8 | 7,8 | 6,8 | 7,0—7,4 | 7,7—8,2 | 9,0 |
| 16 | Мощность, затрачиваемая на компрессоре, квт | 12,6—19 | 14,5—15,7 | 17,5 | 17,5 | — | 15,7—16,4 | 17—18,1 | 19,8 |
| 17 | Мощность на штоке поршня, квт | 0,75—0,85 | 0,77—0,84 | 1,06—1,1 | 1,17 | — | 1,02—1,23 | 1,43—1,46 | 1,57—1,72 |
| 18 | Отношение веса молотка к развиваемой мощности, кг/квт . . . | 20,6 | 23,2 | 27,0 | 25,2 | — | 21,8—18,1 | 19,3 | 19—17,4 |
| 19 | Изотермический к. п. д. молотка, % | 14,3—10,4 | 12,6 | 14,2—14,9 | 15,6 | — | 15,3—17,3 | 19,2—18,4 | 18,0—19,7 |
| 20 | Общий к. п. д. установки, % . . . | 6,4—4,7 | 5,7 | 6,4—6,7 | 7,0 | — | 6,9—7,8 | 8,6—8,3 | 8,1—8,9 |

Таблица 2

| № п. п. | Технические характеристики | Телескопные бурильные молотки | | Колонковые бурильные молотки | | | |
|---------|---|-------------------------------|---------|------------------------------|-------|-----------|-----------|
| | | ПТ-30 | ТП-4 | КЦМ-4 | КС-50 | ПК-60 | КТ-70 |
| 1 | Вес молотка, кг | 30 | 45 | 39,6 | 50 | 60 | 73 |
| 2 | Диаметр цилиндра, мм | 60 | 60 | — | — | 90 | 100 |
| 3 | Ход поршня, мм | 68 | 68 | 88 | — | 89 | 77 |
| 4 | Вес поршня (бойка), кг | 1,88 | 2,5 | 2,9 | 4,1 | 5,24 | 6,71 |
| 5 | Скорость поршня (бойка) перед ударом, м/сек | 6,5 | 6,3-6,5 | 6,45-6,7 | 6,6 | 7,0 | 5,9-6,4 |
| 6 | Энергия удара (на бойке), кгм | 4-4,1 | 5,2-5,4 | 6,2-6,7 | 9,2 | 13,1 | 12,14 |
| 7 | Число ударов при бурении в мин. | 2000 | 1600 | 1800 | 1570 | 1225-1240 | 1200-1300 |
| 8 | Шаг резьбы геликоидального стержня, мм | 731,5 | 960 | 1000 | — | — | — |
| 9 | Число оборотов бура в минуту при бурении | 170 | 120 | 200 | 105 | 105-110 | 92-110 |
| 10 | Максимальный крутящий момент на бу-ре, кг см | 88 | 58 | 128 | 335 | 435 | — |
| 11 | Скорость бурения породы при крепо-сти $f = 8 - 10$ мм мин | 30 | 285 | 390 | — | — | — |

| № п. п. | Технические характеристики | Телескопные бурильные молотки | | Колонковые бурильные молотки | | | |
|-----------------|---|----------------------------------|-----------|------------------------------|-----------------|------------------|------------------|
| | | ПТ-30 | ТП-4 | КЦМ-4 | КС-50 | ПК-60 | КТ-70 |
| | Объемная работа разрушения, $кгм/см^3$ | 18,5—25,3 | 17,3—27,4 | 23 | — | — | — |
| 12 | Скорость бурения породы при крепости $f = 14 - 15$, $мм/мин$ | 115 | 240 | 380 | 83 ^x | 137 ^x | 129 ^x |
| 13 | Расход воздуха, $м^3/мин$ | 2,38—2,5 | 3,8—4,2 | 4—4,4 | 4,8—4,9 | 3,9 | 5—5,1 |
| 14 | Мощность, затрачиваемая на работу молотка, $квт$ | 7—7,4 | 11,2—12,4 | 11,8—13,1 | 14,2—14,5 | 11,5 | 14,8—15,0 |
| 15 | Мощность, затрачиваемая на компрессоре, $квт$ | 15,5—16,5 | 25—27,7 | 25,3—29,1 | 31,6—32,4 | 25,6 | 32,8—34,2 |
| 16 ₁ | Мощность на штоке поршня, $квт$. . . | 1,3 | 1,4 | 1,92 | 2,36 | 2,64 | 2,37—3,0 |
| 17 | Отношение веса молотка к развиваемой мощности, $кг/квт$ | 23 | 38,5 | 26,3 | 21 | 22,5 | 30—24,5 |
| 18 | Изотермический к. п. д. молотка, % . . . | 18,3—19,3 | 18,0—11,7 | 17—15,2 | 17,2—16,7 | 23 | 17—20 |
| 19 | Общий к. п. д. установки, % | 8,2—8,7 | 5,85—5,3 | 7,65—6,85 | 7,75—7,5 | 10,3 | 3,65—9,0 |

*) Скорость бурения определена при бурении коронкой диаметром 85 мм.

Таблица 3

| Показатель | Бурильные молотки | | |
|---|-------------------|-------------|-------------|
| | Ручные | Телескопные | Колонковые |
| 1. Энергия удара, <i>кгм</i> | 2,6 ÷ 6 | 4 ÷ 5,5 | 6 ÷ 14 |
| а) при весе поршня (бойка), <i>кг</i> | 1,65 ÷ 2,7 | 1,88 ÷ 2,5 | 2,9 ÷ 6,4 |
| б) при скорости перед ударом, <i>м/сек</i> | 5,4 ÷ 6,8 | 6,3 ÷ 6,5 | 5,9 ÷ 7,6 |
| 2. Число ударов в мин. при бурении | 1600 ÷ 1915 | 1600 ÷ 2000 | 1200 ÷ 1800 |
| 3. Скорость бурения, <i>мм/мин</i> | | | |
| а) по породе $f = 8 \div 10$ | 150 ÷ 270 | 250 ÷ 285 | 390 и более |
| б) по породе $f = 14 \div 15$ | 95 ÷ 250 | 215 ÷ 240 | 380 и более |
| 4. Объемная работа разрушения, <i>кгм/см³</i> | | | |
| а) при бурении по породе $f = 8 \div 10$ | 30 ÷ 14,7 | 25,5 ÷ 17 | — |
| б) при бурении по породе $f = 14 \div 15$ | 38 ÷ 24 | 55 ÷ 21 | — |

К сожалению, пока невозможно ответить на вопрос, насколько близок этот к.п.д. к теоретически возможному и целесообразному, следовательно, и насколько соотношения основных конструктивных параметров в современных бурильных молотках близки к оптимальным, так как в настоящее время нет еще для этого достаточно разработанной теории. Отсутствуют так же данные о влиянии на работу бурильных молотков различных конструктивных выполнений механизмов воздухораспределения, устройств для вращения бура, наличия промежуточных ударников (в молотках ТП-4 и ПТ-30), величины зазоров и качество смазки. Влияние этих факторов должно быть выявлено при специальных исследованиях.

Мощность, затрачиваемая при бурении пневматическими бурильными молотками

Мощность, затрачиваемая при бурении пневматическими бурильными молотками, расходуется:

- 1) на создание необходимой энергии удара;
- 2) на преодоление сопротивления вращения бура;
- 3) на подачу бурильного молотка;
- 4) на осуществления промывки и продувки шпура.

Так как определение мощности, затрачиваемой отдельно на ударный и поворотный узлы в пневматических бурильных молотках, представляет значительную трудность, то обычно при испытаниях определяют общую мощность, затрачиваемую на работу бурильного молотка при бурении. Последняя выражается или через расход сжатого воздуха в *м³/мин* или через мощность, затрачиваемую на компрессоре в *квт*. Как видно из табл. 1 — 2, мощность, затрачиваемая непосредственно на работу бурильного молотка при давлении 5 *ати*, составляет для ручных 5,65 ÷ 1,3 *квт*; для телескопных 7 ÷ 12,4 *квт*; для колонковых 11,8 ÷ 15 *квт*.

Если принять, что при бурении шпуров глубиной до 2 м и диаметром 42 ÷ 45 *мм* бурильные молотки работают устойчиво при числе оборотов бура 100 — 200 в минуту, что соответствует среднему крутящему моменту на буре 75 ÷ 25 *кг/см* [3], то мощность, необходимая для вращения бура, составляет $N = 0,076 \div 0,051$ *квт*. Как показано Н. Н. Есиным [7], коэффициент полезного действия поворотных устройств современных бурильных молотков составляет — 14%. Тогда на вращение бура расходуется $N = 0,55 \div 0,36$ *квт*. Остальная часть энергии, подводимой к молотку, расходуется ударным узлом. Для создания оптимального усилия подачи

Таблица 4

| Бурильный молоток | Давление воздуха, ати | Энергия удара | | Скорость поршня перед ударом, м/сек | Число ударов при бурении | | Расход воздуха, м ³ /мин | Бурение по породе с крепостью $f = 8 \div 10$ | | Бурение по породе с крепостью $f = 14 \div 15$ | | Мощность электродвигателя компрессора, затрачиваемая на работу бурильного молотка, квт | Отношение веса на единицу мощности, кг/квт |
|----------------------|--------------------------|---------------|-----|-------------------------------------|--------------------------|---------|-------------------------------------|---|--|--|--|--|--|
| | | кг.м | % | | в мин | % | | Средняя скорость бурения в мм/мин | Расход эл. энергии на 1 п. м. шпура, квт/ч | Средняя скорость бурения в мм/мин | Расход эл. энергии на 1 п. м. шпура, квт/ч | | |
| РПМ-17 | 5 | 2,8 | 100 | 5,75 | 1750 | 100 | 2,3 | 113 | 2,26 | 97 | 2,72 | 15,7 | 23,2 |
| | 7 | 3,9 | 140 | 6,8 | 1883 | 107 | 2,6 | 280 | 1,15 | 220 | 1,47 | 19,3 | 15,4 |
| ПА-23 | 5 | 3,5 | 100 | 6,15 | 1890 | 100 | 2,5 | 156 | 1,76 | 120 | 2,31 | 16,4 | 21,3 |
| | 7 | 5,20 | 149 | 7,5 | 2160 | 114 | 3,0 | 328 | 1,14 | 245 | 1,55 | 22,3 | 12,5 |
| ОМ-506 м | 5 | 4,45 | 100 | 6,56 | 1625 | 100 | 2,65 | 241 | 1,21 | 135 | 2,17 | 17,5 | 25,0 |
| | 7 | 6,23 | 140 | 7,8 | 1830 | 113 | 3,3 | 380 | 1,08 | 280 | 1,48 | 24,5 | 15,8 |
| ПМ-508 | 5 | 5,0 | — | 6,8 | 1560 | 100 | 2,4 | 188 | — | 150 | — | — | — |
| | 7 | — | — | — | 1710 | 110 | 3,0 | 390 | — | 300 | — | — | — |
| ПР-30 к | 5 | 5,8-6 | — | 6,5-6,6 | 1400 | 100 | — | — | — | — | — | — | — |
| | 7 | — | — | — | 1680 | 122-112 | 3,0 | 230 | 1,48 | 245 | 1,35 | 19,8 | — |
| | | | | | 1710 | | 4,0 | 500 | 1,00 | 300 | 1,66 | 30,0 | — |
| 1890 | — | — | — | — | | | | | | | | | |
| ТП-4 | 5 | 5,3 | 100 | 6,45 | — | — | 4,2 | 282 | 1,65 | 240 | 1,92 | 27,7 | — |
| | 7 | 7,8 | 147 | 7,8 | — | — | 4,7 | 385 | 1,53 | 295 | 2,00 | 35,0 | — |
| КЦМ-4 | 5 | 6,5 | 100 | 6,6 | — | — | 4,0 | 392 | 1,19 | 280 | 1,67 | 29,0 | — |
| | 7 | 8,9 | 137 | 7,7 | — | — | 5,2 | 560 | 1,15 | 435 | 1,48 | 38,6 | — |

60—100 кг при скорости бурения $\cdot 100\ 500$ мм/мин необходима затрата мощности 0,001—0,01 квт. На промывку шпура при расходе воды 5 л/мин и давлении 4,5—6 атм [9] затрачивается не более 0,010 квт. Таким образом, наибольшая часть мощности при бурении расходуется на создание необходимой энергии ударов и на вращение бура. Суммарная мощность на поворотном устройстве бура и поршне в ручных и телескопных бурильных молотках составляет 0,80—1,8 квт. Тогда при рабочем давлении воздуха 5 атм и расходе воздуха 2—3,8 м³/мин изотермический коэффициент полезного действия молотка составляет 10,4—20%, а общий к.п.д. установки 4,7—8,9%, табл. 1—2.

При этом общая затрата мощности на один работающий ручной молоток составляет до 20 квт, а на колонковый—до 34,2 квт.

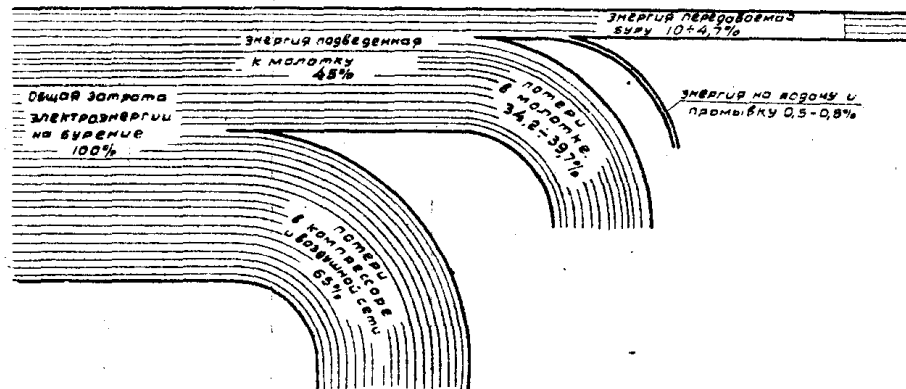


Рис. 6

Баланс энергии при бурении пневматическими бурильными молотками приведен на рис. 6. Крайне малый коэффициент полезного действия существующих бурильных молотков требует изыскания способов его увеличения как на основе тщательного изучения рабочего процесса пневматических молотков и их возможностей, так и на основе создания бурильных молотков с иными, более экономичными процессами [2].

ЛИТЕРАТУРА

1. Алабужев П. М., Алимов О. Д. Влияние усилия подачи и угла поворота бура между ударами на скорость ударно-вращательного бурения шпуров, Изв. ТПИ, т. 75, 1954.
2. Алабужев П. М. и Алимов О. Д. К вопросу о конструировании электропневматических машин ударного действия. Изв. ТПИ, том 78, 1954.
3. Алимов О. Д. Исследование механизма разрушения горных пород при ударно-вращательном бурении и исходных параметров бурильных молотков. Автореферат. Томск, 1953.
4. Алимов О. Д. Влияние усилия подачи на скорость бурения пневматическими бурильными молотками. Изв. ТПИ, т. 75, 1954.
5. Бучнев В. К. Буро-взрывные работы. Углетехиздат, М., 1950.
6. Ворошили И. Р. Механизация горных работ. Metallurgizdat, Свердловск—Москва, 1952.
7. Есин Н. Н. Анализ диаграмм рабочего процесса легких бурильных молотков, ЗСФАН, 1953.
8. Шрейнер Л. А. Физические основы механики горных пород. Гостоптехиздат, М, 1950.
9. Временное руководство по бурению шпуров с боковой промывкой. Углетехиздат, 1953.

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

| Стр. | Строка | Напечатано | Следует читать | По чьей вине допущены опечатки |
|------|-----------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 7 | табл. 1 | $2 \times 2 \times 2,4$ | $2 \times 6 \times 2,4$ | Редакции |
| 16 | рис. 4 | $X_0 = 79$ м. | $x_0 = 7,9$ м. | Автора |
| 35 | 23 сн. | для 10 | для 9 | Автора |
| 92 | рис. 6 | 65% | 55% | Автора |
| 93 | табл. 2 графа 6 | α_1 | α | Автора |
| 131 | пункт 8 | установки | установка | Автора |
| 131 | пункт 14 | установки | установка | Автора |
| 132 | 7 св. | маневровых | маневровой | Автора |
| 134 | 3 сн. | одинаково | почти одинаково | Автора |
| 163 | 16 св. | rc/s^2 | rc/ρ^2 | Редакции |