

**К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ РАЦИОНАЛЬНОГО РЯДА
ПНЕВМАТИЧЕСКИХ БУРИЛЬНЫХ МОЛОТКОВ**

О. Д. Алимов, И. Г. Басов, В. Ф. Горбунов

Для бурения шпуров в различных производственных условиях необходимы различные по способу применения, мощности и весу бурильные машины. Практикой горного дела установлена необходимость иметь в настоящее время три основных группы бурильных молотков: ручные, которые используются рабочим без дополнительных приспособлений для поддержания машины в нужном положении и подачи; мощные колонковые — для производства большого объема бурильных работ в горных породах средней и высокой крепости; телескопные — для бурения шпуров, направленных снизу вверх.

Заводы СССР выпускают бурильные молотки всех трех групп. Что же касается веса и мощности бурильных молотков, входящих в эти группы, то по этому поводу нет единого мнения ни в литературе, ни у практиков. Вследствие этого различными заводами СССР серийно и отдельными партиями выпускаются в настоящее время 7 различных типов только ручных бурильных молотков, отличающихся друг от друга по мощности, весу и конструктивному выполнению.

Достаточно объективных сравнительных данных о качестве бурильных молотков с различными параметрами и наиболее целесообразных условиях их применения до сего времени нет. Отсутствие четкого разграничения бурильных молотков по типоразмерам в зависимости от области применения и способа их эксплуатации является затруднением как для конструкторов при выборе параметров молотков, предназначенных для работы в тех или иных горнотехнических условиях, так и для эксплуатационников при подборе машин необходимых качеств. Все это удорожает производство бурильных машин, приводит к фактам нерационального их использования. Назрела острая необходимость стандартизации бурильных молотков, выпускаемых заводами

СССР. Первым шагом к этому должно быть установление рационального ряда бурильных молотков по характеризующим их показателям.

Основным показателем, характеризующим качество того или иного типа бурильных молотков, является скорость бурения, которая зависит главным образом от ударной мощности машины. Как показали наши исследования [1—4], полнота использования мощности бурильного молотка в значительной степени зависит от усилия подачи, которое может существенно менять режим работы и скорость бурения молотка.

С увеличением усилия подачи скорость бурения вначале возрастает, достигает максимума, а затем уменьшается. Происходит это, как видно из исследований [3, 4], в результате изменения в зависимости от усилия подачи таких параметров молотка, как энергия и частота ударов, число оборотов бура и отхода корпуса молотка от ограничительного буртика бура, а отсюда и к. п. д. передачи ударной мощности в системе «поршень—бур—порода».

Исследования различных типов бурильных молотков отечественного и иностранного производства РПМ-17, ПМ-508, ПР-20, ПР-25, РН-754, Т-10 при бурении горных пород различной крепости от $f = 4$ до $f = 20$ и давлениях воздуха 4—6 *ати* показали, что оптимальное усилие подачи, т. е. усилие, обеспечивающее максимальную скорость бурения при устойчивой работе молотка, находится в прямой пропорциональной зависимости от давления воздуха и площади поршня, на которую действует сжатый воздух при его переднем ходе, и не зависит от крепости горной породы при своевременном и полном удалении буровой мелочи из шпура [3].

Переход на работу молотка с повышенным давлением воздуха должен сопровождаться соответствующим увеличением усилия подачи, иначе скорость бурения не только не увеличится, но может даже значительно уменьшиться.

В результате экспериментов [3] найдено, что величина оптимального усилия подачи для современных пневматических бурильных молотков с площадью поршня от 25 до 70 $см^2$ с достаточной точностью может быть определена из выражения

$$F_{оп} = \frac{pQ}{3,56} + Cp \pm G \sin \alpha,$$

где p — давление воздуха в сети, *ати*;
 Q — площадь поршня, на которую действует сжатый воздух при его переднем ходе, $см^2$;
 G — вес молотка, *кг*;
 α — угол наклона шпура к горизонтали, град;
 $C = \kappa Q = 4$ — постоянный коэффициент, найденный экспериментально.

Стремясь увеличить мощность бурильного молотка без существенного изменения его веса, конструкторы увеличивают число

ударов путем уменьшения хода поршня и увеличения его диаметра. Это приводит к тому, что работа молотков связана с такими усилиями подачи, которые не могут быть осуществлены мускульной силой бурильщика. Известно, что бурильщик в течение длительного времени может обеспечить усилия подачи не более 25—30 кг [5], а такие молотки с повышенным числом ударов, как ПР-20, ПР-25, РН-754 и Т-10 при давлениях воздуха от 4 до 6 *ати* для наиболее рационального использования их мощности необходимо эксплуатировать при усилиях подачи от 65 до 140 кг. Естественно, что эти бурильные молотки при ручной подаче дают очень небольшую скорость бурения и, несмотря на сравнительно малый вес 20—28 кг, чрезвычайно утомляют бурильщика.

В результате экспериментов было выяснено, что вручную могут эксплуатироваться бурильные молотки с оптимальным усилием подачи не более 25—35 кг. Более мощные молотки, имеющие большие величины оптимального усилия подачи, должны снабжаться специальными устройствами для поддержания их и осуществления подачи. Для эксплуатации мощных высокочастотных пневматических бурильных молотков в настоящее время наиболее широко применяются пневмоподдержки. Однако, как показали исследования [3], при давлениях воздуха 4—6 *ати* с пневмоподдержками целесообразно эксплуатировать только такие высокочастотные молотки, оптимальные усилия подачи которых при этом не превышают 130 кг. Для более мощных молотков необходимо создание иных по конструкции установочно-подающих приспособлений.

Таким образом, оптимальное усилие подачи является такой характеристикой бурильного молотка, которая наравне с весом позволяет установить предельно возможную мощность машины при том или ином способе ее эксплуатации. По нашему мнению, бурильные молотки в зависимости от области их применения, веса и мощности, а также способа обеспечения оптимального усилия подачи должны быть подразделены и выпускаться промышленностью пяти основных групп.

Первая группа — легкие ручные бурильные молотки, имеющие вес не более 15—18 кг и работающие на оптимальных режимах при усилиях до 20 кг, которые бурильщик может обеспечить вручную в течение длительного времени. Эти молотки должны быть предназначены для вспомогательных бурильных работ в строительном деле, для бурения шпуров в породах средней крепости при проведении горных выработок небольшого поперечного сечения, для бурения шпуров в негабаритах и др.

Вторая группа — ручные бурильные молотки для бурения нисходящих шпуров в породах средней крепости и крепких при проходке шахтных стволов, на открытых работах. Параметры этих машин должны выбираться из условия, что величина усилия подачи их на забой обеспечивается за счет собственного веса молотка в 25—30 кг, дополнительного груза весом до

20 кг, укрепляемого на молотке после забуривания, и дополнительного усилия 25—30 кг, создаваемого бурильщиком. Таким образом, оптимальное усилие подачи этих молотков не должно превышать 70—80 кг.

Третья группа — ручные бурильные молотки весом не более 25 кг, применяемые для бурения горизонтальных и наклонных шпуров при проведении горных выработок по породам средней крепости и крепким. Параметры этих молотков должны рассчитываться из условия обеспечения необходимых усилий подачи, не более 130 кг, пневмоподдержками. При этом пневмоподдержка не должна быть громоздкой и ее вес не должен превышать 25 кг.

Четвертая группа — телескопные пневматические бурильные молотки, предназначенные для бурения восходящих шпуров в крепких горных породах при очистной выемке руды и проведении восстающих. Параметры таких молотков должны выбираться из условия получения как можно большей мощности, но при этом их вес вместе с податчиком не должен превышать 45—50 кг, так как в противном случае эксплуатация таких машин будет затруднительна.

Пятая группа — колонковые бурильные молотки, предназначенные для бурения шпуров в крепких породах при проходке подземных горных выработок, очистной выемке руды и на открытых работах. Исследования [2] показали, что колонковые бурильные молотки целесообразно эксплуатировать только при установке их на податчиках, укрепленных с помощью манипуляторов на погрузочных машинах или на специальных буровых тележках. При таком способе эксплуатации вес колонковых бурильных молотков не оказывает существенного влияния на производительность труда, поэтому параметры таких машин должны рассчитываться из условия получения максимальной мощности машины, величина которой в настоящее время ограничивается стойкостью бурового инструмента.

Как мощность бурильного молотка, так и оптимальное усилие его подачи зависят от площади поршня, на которую действует сжатый воздух при переднем ходе поршня, и давления воздуха. Площадь поршня является таким конструктивным параметром, который может быть использован для выбора бурильного молотка, необходимого для работы в тех или иных горнотехнических условиях.

Для пяти вышеперечисленных групп бурильных молотков, исходя из характеризующих их горнотехнических условий и величин оптимальных усилий подачи при давлении воздуха 5 атм, нами определены предельные значения площади поршня, которые могут быть использованы для выбора параметров рационального ряда пневматических бурильных молотков (табл. 1).

Исследования большого количества разнообразных бурильных молотков, проведенные кафедрой горных машин и руднич-

Таблица 1

Типы бурильных молотков	Площадь поршня, на которую действует сжатый воздух при его переднем ходе, см ²
I. Ручные легкие	До 25
II. Ручные для бурения нисходящих шпуров	25—35
III. Ручные, применяющиеся с пневмоподдержками	25—55
IV. Телескопные	55—80
V. Колонковые	80—100

ного транспорта Томского политехнического института в последние годы, позволяют также сделать предложения о наиболее целесообразных схемах воздухораспределения и основных конструктивных параметрах бурильных молотков указанных групп.

Исследования рабочего процесса лучших образцов отечественных и иностранных бурильных молотков [4] показали, что наиболее приемлемыми для современных молотков являются схемы воздухораспределения: 1) с мотыльковым клапаном; 2) с кольцевым фланцевым золотником; 3) беззолотниковые.

Воздухораспределение с мотыльковым клапаном просто в изготовлении и обеспечивает хорошее наполнение полостей цилиндра молотка сжатым воздухом, вследствие чего возможно получить относительно высокую ударную мощность молотка при небольшом объеме его цилиндра.

Схема воздухораспределения с фланцевым золотником имеет обычно несколько меньшие проходные сечения воздухопроводящих каналов, поэтому наполнение полостей цилиндра молотка сжатым воздухом меньше, чем у молотков с мотыльковым клапаном. В настоящее время заводы горного машиностроения выпускают высочастотные бурильные молотки преимущественно с фланцевым золотником. Переход на изготовление молотков с мотыльковым клапаном неминуемо связан с большими капитальными затратами в связи с перестройкой технологического процесса. Поэтому в рекомендуемом ряде бурильных молотков (табл. 2) мы считаем целесообразным оставить молотки с фланцевым золотником. По экономичности работы эти молотки не уступают мотыльковым, а по величине мощности могут быть созданы в приемлемых для практики пределах.

Беззолотниковые пневматические бурильные молотки рекомендуются нами в производство ввиду высокой их эффективности по расходу сжатого воздуха. Как показали исследования беззолотниковых молотков Т-10 и Т-10с, коэффициент полезного действия их в 1,5—2 раза выше, чем у молотков с клапанными и золотниковыми схемами воздухораспределения. Поэтому молотки с беззолотниковым воздухораспределением целесообразно изготавливать различных типоразмеров (табл. 2).

Таблица 2

Тип бурильных молотков	Параметры бурильных молотков с различными схемами воздухораспределения при $P = 5 \text{ атм}$																	
	фланцевый золотник						мотыльковый клапан						беззолотниковая схема					
	$D_{\text{ц}}$	S	$G_{\text{п}}$	$A_{\text{у}}$	n	$N_{\text{у}}$	$D_{\text{ц}}$	S	$G_{\text{п}}$	$A_{\text{у}}$	n	$N_{\text{у}}$	$D_{\text{ц}}$	S	$G_{\text{п}}$	$A_{\text{у}}$	n	$N_{\text{у}}$
Ручные легкие																		
Для пород средней крепости	60	25	1,6	1,8	2500	1,0	55	30	1,3	1,8	2400	1,0	65	25	1,8	1,6	2600	0,92
Для крепких пород	60	40	1,6	2,8	2000	1,25	55	50	1,5	3,0	1700	1,1	65	35	1,8	2,4	2200	1,2
Ручные для бурения нисходящих шпуров																		
Для пород средней крепости	70	30	1,7	2,6	2500	1,45	70	30	1,7	2,5	2400	1,3	75	25	1,8	2,3	3000	1,5
Для крепких пород	70	50	1,7	4,0	1850	1,65	70	50	1,7	4,6	2000	2,1	75	35	1,8	3,3	2600	1,9
Ручные для работы с пневмоподдержки																		
Для пород средней крепости	80	25	1,8	3,0	3000	2,0	80	25	1,8	3,2	3200	2,3	90	25	2,0	3,5	3600	2,8
Для крепких пород	80	45	1,8	5,2	2100	2,3	80	40	1,8	5,0	2500	2,8	90	35	2,1	4,7	2850	3,0
Телескопные																		
Для пород средней крепости	90	30	2,0	4,4	2950	2,8	90	30	2,0	4,7	3050	3,2	100	30	2,2	5,0	3300	3,7
Для крепких пород	90	35	2,0	5,0	2700	3,0	90	35	2,0	5,6	2850	3,5	110	35	2,4	6,5	3370	4,8
Колонковые																		
Для пород средней крепости	120	20	3,0	5,7	4000	5,0	120	20	2,8	6,0	4200	5,6	120	20	2,7	5,0	4500	5,0
Для крепких пород	120	30	3,0	7,8	3200	5,6	120	25	3,0	7,0	3600	5,6	120	30	2,7	7,5	3700	6,2

69 $D_{\text{ц}}$ — диаметр цилиндра, мм; S — ход поршня, мм; $G_{\text{п}}$ — вес поршня, кг; $A_{\text{у}}$ — энергия удара, кгм; n — число ударов в минуту; $N_{\text{у}}$ — мощность, л.с.

Параметры бурильных молотков, приведенные в табл. 2, рассчитаны по известным из литературы формулам, скорректированным на основании результатов исследования многих типов бурильных молотков [4, 6, 7]. Энергия удара определялась из уравнения

$$A_y = k_a p S Q \text{ кгм},$$

где $k_a = 0,5—0,55$ — эмпирический коэффициент, учитывающий дроссельные потери давления воздуха и механический к. п. д. бурильного молотка;

p — давление воздуха в сети, *ати*;

S — рабочий ход поршня, *м*;

Q — полезная площадь поперечного сечения задней полости цилиндра молотка, *см²*.

Число ударов бурильных молотков определялось из уравнения

$$n = \frac{60 k_n}{1 + \gamma} \sqrt{\frac{pQ}{mS}} \text{ уд/мин},$$

где $k_n = 0,6$ — эмпирический коэффициент механических потерь и потерь давления воздуха;

m — масса поршня, *кг сек²/м*;

γ — отношение времени обратного хода поршня к времени рабочего хода при работе молотков на оптимальных режимах.

Исследованиями выявлено, что время обратного хода поршня при работе молотков на оптимальных режимах в 1,4—2,1 раза больше времени рабочего хода [4]. Для современных бурильных молотков с фланцевым золотником и мотыльковым клапаном можно принять $\gamma = 1,7$, для беззолотниковых молотков с поворотом бура при рабочем ходе поршня $\gamma = 1,4$.

В зависимости от крепости горной породы нами предлагается установить некоторые различия в конструктивных размерах и параметрах бурильных молотков. Для бурения пород средней крепости $f = 6 \div 12$, наиболее широко встречающихся на угольных шахтах, рекомендуются молотки, имеющие сравнительно небольшую энергию единичного удара и повышенную частоту их. Для крепких горных пород $f = 14 \div 20$, часто встречающихся на рудниках черной и цветной металлургии, рекомендуются молотки с повышенной энергией удара.

Исследования [3] показали, что высокочастотные бурильные молотки, даже при оптимальных усилиях подачи, имеют амплитуды колебания корпуса молотка, значительно превышающие допусаемые санитарными нормами. В связи с этим для исключения вредного влияния вибрации на рабочего в конструкциях таких молотков должны быть предусмотрены эластичные рукоятки или динамические поглотители вибрации.

Считаем, что приведенные выше рекомендации могут послужить основой для создания единого ряда типоразмеров пневматических бурильных молотков для угольной и горнорудной промышленности СССР.

ЛИТЕРАТУРА

1. О. Д. Алимов, И. Г. Басов. Рациональные усилия подачи бурильного молотка ПМ-508 при бурении горных пород различной крепости. Известия ТПИ, т. 88, Томск, 1956.
2. О. Д. Алимов, И. Г. Басов, П. А. Самойлов. Некоторые результаты исследования режимов работы высокочастотных пневматических бурильных молотков. Известия ТПИ, т. 106, Metallurgizdat, Свердловск, 1958.
3. И. Г. Басов. Исследование влияния усилия подачи на скорость бурения и режим работы пневматических бурильных молотков. Кандидатская диссертация, ТПИ, Томск, 1958.
4. В. Ф. Горбунов. Экспериментальное исследование рабочего процесса пневматических бурильных молотков. Кандидатская диссертация, ТПИ, Томск, 1958.
5. Е. Ц. Андреева - Галанина. Вибрация и ее значение в гигиене труда (Вибрация ручных пневматических инструментов и машин). Медгиз, Ленинград, 1956.
6. Б. В. Суднишников. Влияние параметров прямого хода на мощность и отдачу пневматического молотка. Ударно-вращательное бурение. Машины ударного действия. Новосибирск, 1956.
7. О. Д. Алимов, В. Ф. Горбунов, В. Х. Кошевой. Исследование рабочего процесса пневматических бурильных молотков ОМ-506л и РП-17. Горные машины, Сборник № 1, Углетехиздат, 1958.