

Б.С. Доброборский, С.А. Евтюков, М. Райчик

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ БУРЕНИЯ ШПУРОВ ВЕРТИКАЛЬНО ВНИЗ ПЕРЕНОСНЫМИ ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ ПЕРФОРАТОРАМИ

Ручные и переносные пневматические машины ударного действия широко применяются в строительной и горной отраслях промышленности благодаря таким качествам, как работоспособность в самых сложных условиях, пожаро и взрывобезопасность, простота и надежность конструкции, низкая стоимость.

Главной функцией пневматических машин ударного действия является нанесение удара по рабочему инструменту (буровой штанге, зубилу, пике и др.), которыми производится разрушение соответствующего строительного материала, горной породы, строительных конструкций.

Для выполнения этой функции пневматические машины снабжены ударным механизмом, содержащим цилиндр, в котором поршень-ударник совершает возвратно-поступательные движения в результате воздействия сжатого воздуха, производя удары по рабочему инструменту.

Эти машины, по сравнению с другими машинами, например вращательного действия, имеют ряд особенностей:

1. Возвратно-поступательные движения поршня-ударника в цилиндре происходят без связи с процессом нанесения ударов рабочим инструментом по разрушаемому материалу. При отсутствии контакта рабочего инструмента с разрушаемым материалом поршень-ударник производит удары по рабочему инструменту, лишь вызывая в нем затухающие колебания волновых процессов упругой деформации.
2. При их работе, особенно пневматических перфораторов, требуются значительные осевые усилия подачи рабочих-операторов.
3. Работа этих машин сопровождается высокими уровнями вибрации рукояток и большим шумом на рабочем месте.

Указанные особенности этих машин приводят к низкому коэффициенту полезного действия, быстрому утомлению операторов и большому риску профессиональных заболеваний.

Целью настоящей работы является анализ процессов работы пневматических машин ударного действия на примере пневматических перфораторов и определения эффективных путей повышения скорости бурения.

Пневматическими перфораторами осуществляется бурение шпуров в породах средней крепости и крепких (12-20 ед. по шкале проф. Протодяконова) при осуществлении буровзрывных работ.

При этом бурение горизонтальных и наклонных шпуров производится с помощью пневмоподдержки, а шпуров, направленных вниз, без каких-либо приспособлений.

Основные параметры пневматических перфораторов приведены в таблице 1 [4], зависимость скорости бурения от усилия подачи представлены на рисунке 1.

ТАБЛИЦА 1

Основные параметры современных переносных пневматических перфораторов

Технические параметры	Типы перфораторов		
	ПП36В2	ПП54В2, ПП54ВБ2	ПП63В2, ПП63ВБ2, ПП63С2, ПП63С2Р, ПП63П1
Номинальное рабочее давление [МПа]	0,5	0,5	0,5
Энергия удара поршня-ударника [Дж]	40	55,5	63,74
Частота ударов [Гц]	40	40	30,83
Крутящий момент [Н·м]	20	29,43	27,5
Удельный расход воздуха [м ³ /с·кВт]	0,029	0,029	0,029
Масса [кг]	24	31,5	32

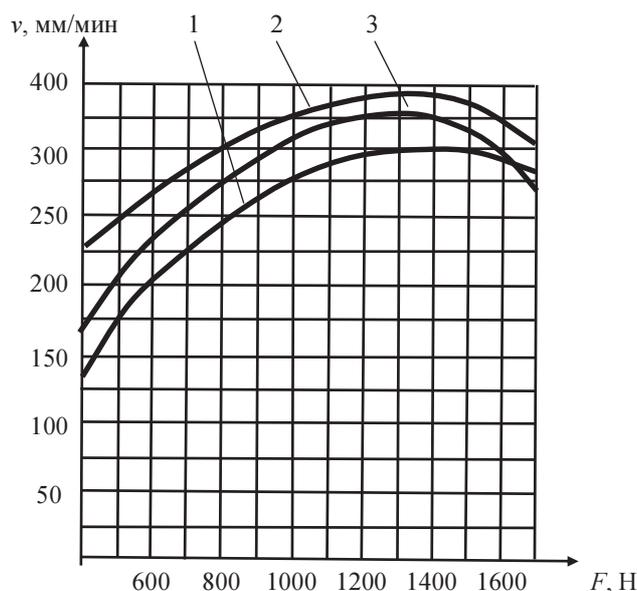


Рис. 1. Зависимости скорости бурения от усилия подачи перфораторов: ПП36В2 (график 1), ПП63В (график 2), ПП54В2 (график 3)

Как видно из таблицы 1, перфораторы различаются по таким основным параметрам, как энергии удара поршня-ударника, частота ударов, крутящий моменту и масса. При этом в их число не входит такой важный параметр, как оптимальное усилие подачи.

Как видно из рисунка 1, оптимальное усилие подачи перфораторов составляют 1300-1400 Н. Зависимости скорости бурения от усилия подачи разных типов перфораторов имеют близкий характер.

Усилие подачи при бурении горизонтальных и наклонных шпуров обеспечивается пневмоподдержкой.

Пример бурения шпуров с использованием пневмоподдержки показан на рисунке 2.

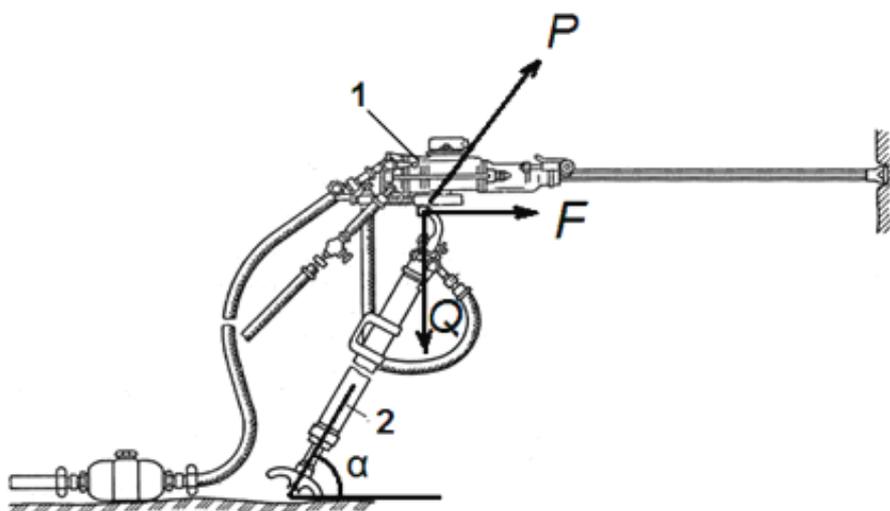


Рис. 2. Бурение горизонтальных шпуров с помощью пневмоподдержки

В процессе бурения шпуров пневмоподдержка обеспечивает необходимое положение перфоратора, путем ее выдвижения на необходимую длину под действием сжатого воздуха. При этом она устанавливается под некоторым углом α , а ее осевое усилие P регулируется таким образом, чтобы его вертикальная составляющая была равна весу перфоратора Q .

В зависимости от угла наклона буровой штанги β и угла наклона пневмоподдержки усилие подачи F определится по формуле:

$$F = Q \frac{\cos \alpha}{\sin(\alpha - \beta)} \quad (1)$$

При бурении горизонтального шпура осевая сила пневмоподдержки составит:

$$P = \frac{Q}{\sin \alpha} \quad (2)$$

Тогда ее горизонтальная составляющая (усилие подачи) определится как:

$$F = P \cdot \cos \alpha \quad (3)$$

При $Q = 240$ Н и некотором среднем угле наклона пневмоподдержки $\alpha = 45^\circ$ F так же составит 240 Н. При допустимом усилии бурильщика $f = 200$ Н общее усилие подачи F_c составит:

$$F_c = \frac{Q \cdot \cos \alpha}{\sin \alpha} = Q \cdot \operatorname{ctg} \alpha + f = 240 + 200 = 440 \text{ Н}$$

При бурении вниз усилие подачи составит:

$$F_c = Q + f = 240 + 200 = 440 \text{ Н}$$

Как видно из приведенных расчетов, как при горизонтальном, так и при наклонном бурении суммарное усилие подачи составляет порядка 440 Н при требуемом 1500 Н.

Таким образом, реальная скорость бурения шпуров современными перфораторами значительно ниже максимальной.

Недостаточное усилие подачи влечет за собой высокий уровень вибрации. На рисунке 3 показан график зависимости уровня вибрации от усилия подачи [3].

Основные параметры пневматических перфораторов, приведенные в таблице 1, были установлены в результате многолетних исследований как работы их механизмов, так и применяемых материалов и конструкций буровых штанг и коронок [1].

Изменение параметров перфораторов, например, путем уменьшения массы поршня-ударника при увеличении его скорости перед ударом и значительном повышении частоты ударов вызывает повышенные требования к стали, применяемой для поршней-ударников и буровых штанг, так как при той же энергии удара значительно возрастает сила удара, что видно из следующего.

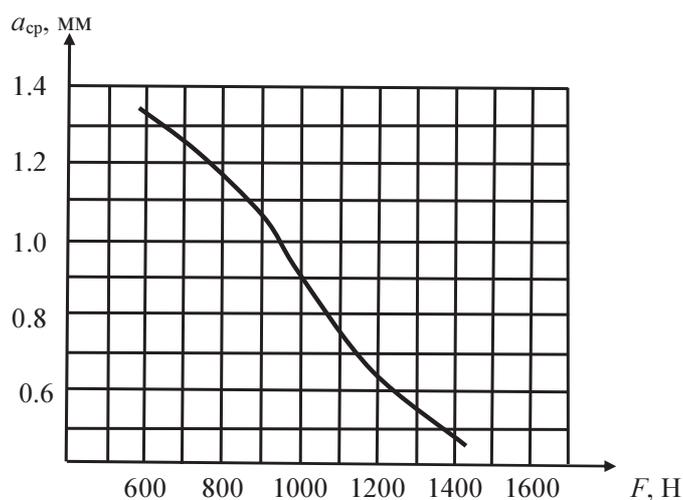


Рис. 3. Примерный график зависимости амплитуды вибрации от усилия подачи

В соответствии со 2-м законом Ньютона:

$$F = ma \quad (4)$$

где: v - скорость поршня-ударника перед ударом, m - масса поршня-ударника, a - отрицательное ускорение поршня-ударника в процессе удара.

Кинетическая энергия определяется по формуле:

$$W = \frac{mv^2}{2} \quad (5)$$

Примем, что при ударе величина деформации рабочего инструмента составляет δ .

Тогда для равнозамедленного движения запишем:

$$a = -\frac{v^2}{2\delta} \quad (6)$$

Отсюда перепишем (4) в виде:

$$F = -\frac{m}{2\delta}v^2 \quad (7)$$

Из уравнения (7) видно, что сила F пропорциональна v^2 .

Это означает, что обеспечение необходимой энергии удара в результате уменьшения массы поршня-ударника и увеличения его скорости потребует применение таких материалов поршня-ударника и буровой штанги, у которых величина упругой деформации δ будет происходить при значительно больших значениях сил ударов F , что в настоящее время выполнить достаточно сложно.

Такой путь решения проблемы, как согласование соударяемых масс поршня-ударника и буровых штанг возможен лишь в случае их близких значений [2], что в данном случае не приемлемо.

Поэтому в процессе работ по уменьшению усилия подачи удалось лишь незначительно увеличить скорость поршня-ударника при уменьшении его массы, доведя частоту ударов до 40 Гц, как это видно из таблицы 1.

Для решения проблемы оптимизации бурения шпуров переносными пневматическими перфораторами нами был произведен сравнительный анализ зависимостей скорости бурения и массы от усилия подачи различных типов перфораторов, представленный в таблице 2.

Как видно из таблицы 2, реальная скорость бурения всеми типами перфораторов значительно ниже максимальной.

При этом максимальная скорость бурения более легким перфоратором ПП36В2 с массой 24 кг значительно выше реальных скоростей бурения более тяжелыми перфораторами ПП36В и ПП54В2 с массами 31,5 и 32 кг соответственно.

ТАБЛИЦА 2

Сравнительные данные скоростей бурения и масс перфораторов от усилия подачи (усилие бурильщика - 200 Н)

Тип перфоратора	Масса [кг]	Усилие подачи [Н]	Скорость бурения	Скорость бурения V_{max}
ППЗ6В2	24	440	175	300
ПП63В	31,5	515	252	390
ПП54В2	32	520	210	352

Отсюда следует, что снабжение более легкого перфоратора ППЗ6В2 подающим устройством с массой, не превышающей массу более тяжелых перфораторов, обеспечит значительно большую скорость бурения, чем скорость бурения более тяжелыми перфораторами без подающих устройств.

В результате нами была разработана новая конструкция пневматического перфоратора с червячным подающим устройством, представленная на рисунке 4.

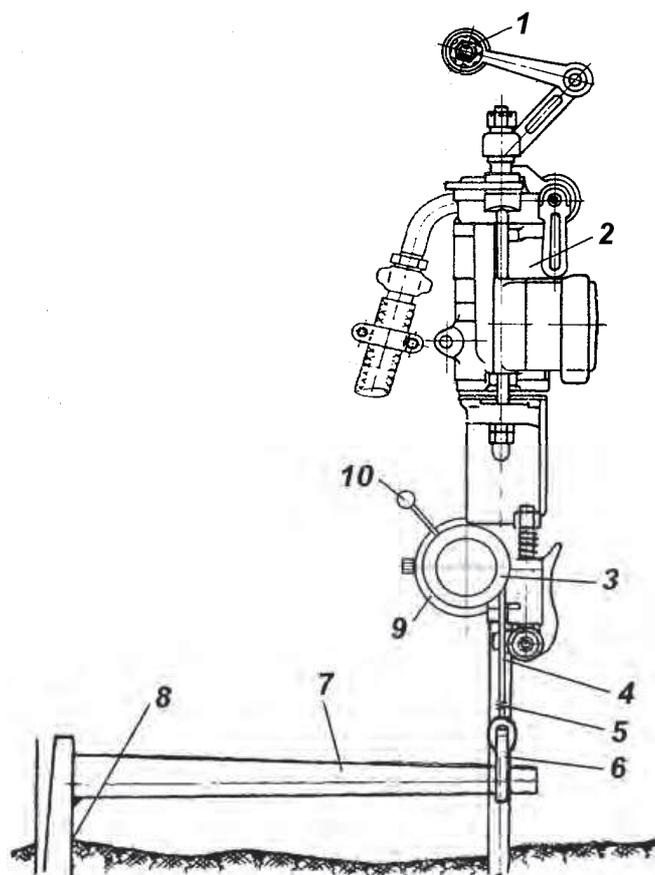


Рис. 4. Перфоратор с червячным подающим устройством

Принцип работы подающего устройства заключается в том, что в процессе работы перфоратора при повороте буровой штанги с помощью червячной

передачи крутящий момент передается на лебедку, наматывающую трос, сопряженный с клиновым захватом, вставленным в ранее пробуренный шпур.

Предварительные исследования предложенной конструкции перфоратора показали, что скорость бурения при его применении по сравнению с серийными тяжелыми перфораторами повысится до 30%.

Литература

- [1] Алимов О.Д., Горбунов В.Ф., О современных направлениях в создании высокопроизводительных пневматических бурильных молотков, Известия Томского политехнического института [Известия ТПИ], Томский политехнический институт (ТПИ), Metallurgizdat, Свердловск 1958, Т. 106: Бурильные машины, с. 3-8.
- [2] Доброборский Б.С., К вопросу повышения эффективности ручных и переносных машин ударного действия, Строительные и дорожные машины 2009, № 9, с. 27-29.
- [3] Кусницын Г.И., Пневматические ручные машины. Справочник, Машиностроение, Л.: 1968, 376 с.
- [4] Перфораторы пневматические переносные ПП36В2, ПП54В2, ПП63В2, ПП54ВБ2, ПП63ВБ2, ПП63С2, ПП63С2Р. Руководство по эксплуатации ПП54В2.000.РЭ.

Резюме

Рассмотрен путь повышения скорости бурения посредством обеспечения перфораторов подающими устройствами при условии сохранения массы. Пакзаны особенности пневматических машин с ударным механизмом. Приведена схема разработанной авторами конструкции пневматического перфоратора с червячным подающим устройством.

Ключевые слова: переносный перфоратор, бурение шпуров, скорость

Ways to improve the speed gadding vertical down portable pneumatic perforators

Abstract

The subject of mass conservation by increasing the drilling speed through provision of perforating feeders was considered in the paper. Features of pneumatic Hemrov mechanism were described. The authors developed a design scheme of pneumatic punch with worm feeder.

Keywords: portable punch holes, drilling, speed