ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

УДК 573.2

DOI 10.23968/1999-5571-2018-15-2-199-203

© Б. С. Доброборский, канд. техн. наук, доцент

© B. S. Dobroborskiy, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

© Е. Е. Медрес, канд. экон. наук, доцент

© E. E. Medres, PhD in Sci. Ec., Associate Professor

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: 5542797@rambler.ru, fire_21@mail.ru

E-mail: 5542797@rambler.ru, fire_21@mail.ru

© В. В. Смирнов, канд. мед. наук, ст. научн. сотрудник

© V. V. Smirnov, PhD in Sci. Med., Senior Research Worker

(Северо-Западный научный центр гигиены
и общественного здоровья)

(North-West Public Health Research Center)

E-mail: vvsmirnov00042@rambler.ru

E-mail: vvsmirnov00042@rambler.ru

ПУТИ УМЕНЬШЕНИЯ ВИБРАЦИИ РУКОЯТОК И ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОГО БУРЕНИЯ ПЕРЕНОСНЫМИ ПНЕВМАТИЧЕСКИМИ ПЕРФОРАТОРАМИ

MEANS OF REDUCING THE PERFORATOR CRANK VIBRATION AND ENSURING THE EFFICIENCY OF DRILLING WITH PORTABLE PNEUMATIC DRILLING HAMMERS

Рассмотрено решение проблемы переносных пневматических перфораторов, состоящей в противоречии одновременных требований обеспечения больших усилий, прикладываемых оператором к рукоятке, и эффективного гашения ее вибрации. Предложена новая концепция конструирования устройств для бурения шпуров, заключающаяся в сочетании новой конструкции виброгасящей рукоятки, не сопряженной ни с корпусом, ни с рабочим инструментом, и легким подающим устройством, обеспечивающим максимальную скорость бурения без применения физических сил оператора.

Ключевые слова: пневматический, перфоратор, ударный, бурение, вибрация, ручной, переносный.

The article presents the results of the study aimed at solving the problem of drilling with portable pneumatic punchers. The problem lies in the simultaneous provision of considerable forces applied by the operator to the perforator crank and the effective damping of its vibration. The authors offer a new concept of designing drilling equipment consisting of the combination of a new design of the vibration damper crank not conjugated either with the case or with a working tool, and a light feeder providing the maximum drilling speed without necessity for the operator of using physical forces.

Keywords: pneumatic, perforator, percussion borer, drilling, vibration, hand puncher, portable.

Переносные пневматические перфораторы широко применяются в строительстве и горном деле для бурения шпуров.

Их принцип действия заключается в возвратно-поступательных движениях поршня-ударника в цилиндре под действием сжатого воздуха. В конце прямого хода поршень-ударник совершает удар по буровой штанге с коронкой, который передается горной породе и разрушает ее. При обратном ходе поршень-ударник пово-

рачивает буровую штангу на некоторый угол для предотвращения заклинивания.

Основными достоинствами перфораторов являются простота конструкции, мобильность и низкая стоимость; основными недостатками — высокий уровень вибрации рукояток и необходимость больших усилий подачи операторов, значительно превышающих их физические возможности. В результате работа с перфораторами вызывает тяжелые профессиональные заболевания.

ния операторов при низкой производительности.

При бурении горизонтальных и наклонных шпуров для повышения усилия подачи применяют пневмоподдержки. Для бурения шпуров, направленных вниз, до настоящего времени какие-либо средства увеличения усилия подачи не применяют.

Основные теоретические и конструкторские работы в отношении ударных механизмов пневматических машин были выполнены в 50–60-х годах XX века [1, 4–7, 10–13, 15], в результате чего были определены оптимальные параметры этих машин и используемых материалов.

С 60-х по 70-е годы в связи с разработкой санитарных норм по ограничению допустимого уровня вибрации рукояток были выполнены работы, направленные на уменьшение их вибрации [2, 3].

Однако противоречивое требование к перфораторам (как и к другим ручным и переносным пневматическим машинам ударного действия) одновременного эффективного гашения вибрации рукояток и значительного усилия подачи на них не нашло своего разрешения, в связи с чем с 70-х годов по настоящее время как в России, так и за рубежом конструкция этих машин практически не менялась, а их вибрация значительно превышает допустимые значения.

Цель настоящей работы — определение путей уменьшения вибрации рукояток и обеспечения производительного бурения переносными пневматическими перфораторами при бурении шпуров, направленных вниз.

Основные технические параметры переносных пневматических перфораторов, производящихся в России, регламентированные ГОСТ 31563–2012 «Перфораторы пневматические переносные. Технические требования и методы испытаний», приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, необходимое усилие подачи не входит в состав основных параметров, как и вибрация рукояток, которая должна соответствовать санитарным нормам СанПин 2.2.4.3359–16.

Для уменьшения вибрации перфораторы оснащаются виброгасящими каретками KB-1У. Однако проведенные нами исследования вибрации этих пневматических перфораторов показыва-

ли, что вибрация их рукояток многократно превышает допустимые нормы.

Анализ параметров вибрации рукояток перфораторов, производимых рядом зарубежных фирм, показывает, что и у них она значительно превышает допустимые нормы, что видно из данных, приведенных в табл. 2.

На рис. 1 показана типовая зависимость уровня вибрации a корпуса и скорости бурения v от усилия подачи Q [12].

Как видно на рис. 1, максимальная скорость бурения достигается при усилии подачи в 1200–1500 Н. При этом вибрация корпуса значительно снижается.

При бурении шпуров вертикально вниз при силе тяжести перфоратора с принадлежностями в 350 Н от оператора требуется усилие в 850–1150 Н, что физически выполнить невозможно.

В результате проведенных нами исследований в условиях шахт и карьеров с помощью специальной аппаратуры, содержащей пневмоэлек-

Таблица 1

Основные технические параметры переносных пневматических перфораторов

Наименование параметра	Норма для типоразмера		
	36	54	63
Энергия удара, Дж, не менее	36	54	63
Частота ударов, с ⁻¹ , не менее	38		
Крутящий момент, Н · м, не менее	22	33	52
Номинальное давление сжатого воздуха, МПа	0,5		
Удельный расход воздуха, м ³ /(с · кВт), не более	0,029		
Масса, кг, не более	20	28	32

Таблица 2

Уровни виброускорения на рукоятках перфораторов фирм Atlas Copco (Швеция) и Permon (Чехия)

Фирма	Тип перфоратора	Виброускорение, м/с ²
Atlas Copco	RH 571-5L	23,2
Permon	VK 17	15,8
Permon	VKA 17 (с виброгашением)	6,1
СанПиН 2.2.4.3359–16		2,0

Рис. 1. Зависимости уровня вибрации (график 1) и скорости бурения (график 2) от усилия подачи

трический датчик и электронный регистратор, было установлено, что значение усилия подачи в течение рабочей смены изменяется в соответствии с графиком, представленным на рис. 2, что соответствует закону действующих масс [14]. При этом фактическое среднедействующее значение усилия подачи составило 300 Н.

Поскольку требования санитарных норм по допустимому уровню вибрации должны безусловно выполняться, в результате теоретического анализа функционирования системы «оператор – перфоратор» как неравновесной термодинамической системы разработали новую концепцию конструкций перфораторов, в соответствии с которой удалось разделить решения проблем

Рис. 2. График изменения усилия подачи операторов $Q_{\text{бур}}$ в течение рабочей смены

уменьшения вибрации рукояток и увеличения усилия подачи [8, 9].

Для уменьшения вибрации рукояток разработана новая конструкция виброгасящего устройства рукоятки, которая была реализована для перфораторов ПП-36В производства ряда российских предприятий. На рис. 3 показан модернизированный пневматический переносной перфоратор ППД-36В.1 с новым виброгасящим устройством.

При работе перфоратора оператор рукояткой и сопряженным с ней блоком амортизаторов, стержней и узла сопряжения передает незначительное усилие на буртик буровой штанги. При этом корпус перфоратора под действием реактивных сил совершает продольные колебательные движения, скользя вдоль стержней и не передавая его вибрацию на рукоятку. Основная идея такого технического решения в том, что вибрация буровой штанги, воздействующей через амортизаторы на рукоятку, значительно ниже вибрации корпуса.

Однако при использовании новой конструкции виброгасящей рукоятки значительно снижается скорость бурения из-за отсутствия усилия подачи на корпус перфоратора, осуществляемого оператором.

Поэтому для производительного бурения шпуров вертикально вниз может быть использовано разработанное ранее устройство для бурения шпуров, содержащее перфоратор с подающим устройством, представленное на рис. 4 [9].

Как видно на рис. 4, устройство для бурения шпуров содержит перфоратор 1, цилиндр с роликами 2, шток 3, стержень 4, установленный в ранее пробуренный шпур, рычаг с роликами 5 и трос 6, прикрепленный к цилиндру 2.

Перед началом работы трос 6 соединяется с перфоратором 1 с помощью крюка.

Рис. 3. Модернизированный перфоратор ППД-36В.1

Рис. 4. Устройство для бурения шпуров

При работе перфоратор 1 включается, в верхнюю часть цилиндра 2 поступает сжатый воздух, под действием которого шток 3 выдвигается вниз, передвигая цилиндр 2 вверх. При этом трос 6 натягивается, скользя по роликам, установленным как на цилиндре, так и на рычаге, прижимая работающий перфоратор 1 вниз, в направлении буримого шпура.

Усилие подачи, обеспечиваемое подающим устройством, составляет ≈ 1000 Н, что в совокупности с массой перфоратора обеспечивает усилие, соответствующее максимальной скорости бурения.

Рассматриваемое устройство при его использовании с серийными пневматическими перфораторами, использующими виброгасящую каретку КВ-1У, позволило значительно снизить уровень вибрации рукоятки, но не до уровня, допустимого санитарными нормами.

Однако при сочетании этого устройства с перфоратором ППД-36В.1 эквивалентное виброускорение на его рукоятке при незначительном усилии подачи составило $0,5 \text{ м/с}^2$ при максимально допустимом $2,0 \text{ м/с}^2$, что свидетельствует о его полной вибробезопасности.

Масса подающего устройства составляет 20 кг. Поскольку подающее устройство не связано жестко с перфоратором и они переносятся отдельно, для выполнения операций переноски

от оператора не требуется больших физических усилий.

Таким образом, разработанная конструкция обеспечивает как низкий уровень вибрации рукоятки, так и максимальную скорость бурения при сохранении легкости и мобильности устройства.

Библиографический список

1. Александров Е. В., Соколинский В. Б. Прикладная теория и расчеты ударных систем. М.: Наука, 1969. 199 с.
2. Александров Е. В., Студниц Е. Л. Основы расчета виброзащитных средств с упругой связью. М.: Изд-во ИГД им. А. А. Скочинского, 1966. 64 с.
3. Александров Е. В., Флавицкий Ю. В. Снижение вибрации ручных горных машин // Машиностроитель. 1967. № 7. С. 13–14.
4. Алимов О. Д., Горбунов В. Ф. Исследование рабочего процесса высокочастотного бурильного молотка с беззолотниковым воздухораспределением // Изв. Томского политехн. ин-та. 1958. Т. 106: Бурильные машины. С. 36–50.
5. Волков С. А., Евтюков С. А. Строительные машины. СПб.: Изд-во ДНК, 2008. 703 с.
6. Гоппен А. А., Николаев И. В. Пневматические молотки и перспектива развития их конструкций: обзор / IV серия «Механизированный инструмент и отделочные машины». М.: ЦНИИТЭстроймаш, 1972. 61 с.
7. Горбунов В. Ф. К расчету минимальных усилий нажатия при работе ручными пневматическими молотками // Изв. Томского политехн. ин-та. 1965. Т. 129. С. 108–116.
8. Доброборский Б. С. Общая теория систем «человек – машина». СПб.: ИД «Петрополис», 2008. 126 с.
9. Доброборский Б. С. Пневматический перфоратор с подающим устройством // Строительные и дорожные машины. 2014. № 7. С. 21–25.
10. Есин Н. Н. Пневматические машины ударного действия для бурения шпуров. Новосибирск: Наука, 1978. 104 с.
11. Зинин В. Ф. Влияние осевого усилия на скорость бурения перфораторами // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 1961. № 6. С. 81–88.
12. Кусницын Г. И., Зеленецкий С. Б., Доброборский С. И. Пневматические ручные машины: справочник. Л.: Машиностроение, 1968. 376 с.
13. Манжосов В. К. Модели продольного удара. Ульяновск: УлГТУ, 2006. 160 с.
14. Стромберг А. Г., Семченко Д. Л. Физическая химия / под ред. А. Г. Стромберга. 3-е изд., испр. и доп. М.: Высшая школа, 1999. 527 с.

15. Федотов П. Н., Попов Ю. Н. Пневматические податчики бурового инструмента. М.: Недра, 1968. 110 с.

References

1. Aleksandrov E.V., Sokolinskiy V.B. *Prikladnaya teoriya i raschety udarnykh sistem* [Applied theory and calculations of shock systems]. Moscow, Nauka Publ., 1969, 199 p.

2. Aleksandrov E. V., Studnits E. L. *Osnovy rascheta vibrozashchitnykh sredstv s uprugoy svyaz'yu* [Design basics of vibration protecting means with an elastic link]. Moscow, IGD named after A. A. Skochinskiy Publ., 1966, 64 p.

3. Aleksandrov E. V., Flavitskiy Yu. V. *Snizhenie vibratsii ruchnykh gornykh mashin* [Reduction of vibration of hand puncher mining machines]. Mashinostroitel Publ., 1967, no. 7, pp. 13–14.

4. Alimov O. D., Gorbunov V. F. *Issledovanie rabocheho protsessa vysokochastotnogo buril'nogo molotka s bezzolotnikovym vozdukhoraspredeleniem* [Study of the working process of a high-frequency drill hammer with ash-free air distribution]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo instituta. Buril'nye mashiny – Bulletin of Tomsk Polytechnic Institute. Drilling machines*, 1958, vol. 106, pp. 36–50.

5. Volkov S.A., Evtyukov S. A. *Stroitel'nye mashiny*. [Construction of machines]. St. Petersburg, DNK Publ., 2008, 703 p.

6. Goppen A. A., Nikolaev I. V. *Pnevmaticheskie molotki i perspektiva razvitiya ikh konstruktsiy* [Pneumatic hammers and long term development of their structure]. *Mekhanizirovannyy instrument n otdelochnye mashiny. IV seriya – Mechanized tool n finishing machines. IV series*, Moscow, TsNIITEhstroy mash Publ., 1972, 61 p.

7. Gorbunov V. F. *K raschetu minimal'nykh usiliy nazhatiya pri rabote ruchnymi pnevmaticheskimi molotkami* [To the calculation of the minimum pressing effort at operating hand-held pneumatic hammers]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo instituta – Bulletin of the Tomsk Polytechnic Institute*, 1965, vol. 129, pp. 108–116.

8. Dobroborskiy B. S. *Obshchaya teoriya sistem «chelovek – mashina»* [General system theory “man – machine”]. St. Petersburg, Petropolis Publ., 2008, 126 p.

9. Dobroborskiy B. S. *Pnevmaticheskiy perforator s podayushchim ustroystvom* [Pneumatic rotary hammer with feeding device]. *Stroitel'nye i dorozhnye mashiny – Construction and road machines*, 2014, no. 7, pp. 21–25.

10. Esin N. N. *Pnevmaticheskie mashiny udarnogo deystviya dlya bureniya shpurov* [Pneumatic percussion machine for drilling]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1978, 104 p.

11. Zinin V. F. *Vliyanie oseвого usiliya na skorost' bureniya perforatorami* [The influence of axial force on the drilling speed of perforators]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Gornyy zhurnal – News of higher educational institutions. Mining journal*, 1961, no. 6, pp. 81–88.

12. Kusnitsyn G. I., et al. *Pnevmaticheskie ruchnye mashiny. Spravochnik* [Pneumatic hand held machines. Reference book]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1968, 376 p.

13. Manzhosov V. K. *Modeli prodol'nogo udara* [The models of the longitudinal impact]. Ul'yanovsk, UlSTU, 2006, 160 p.

14. Stromberg A.G., Semchenko D L. *Fizicheskaya khimiya*. [Physical chemistry]. Ed. by Stromberg A. G. 3-rd iss. revised and added. Moscow, Vyssh. shk. Publ., 1999, 527 p.

15. Fedotov P. N., Popov Yu. N. *Pnevmaticheskie podatchiki burovogo instrumenta* [Pneumatic feeders of drilling tools]. Moscow, Nedra Publ., 1968, 110 p.