

УДК 62-12

## ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРОГАСЯЩИХ УСТРОЙСТВ РУЧНЫХ И ПЕРЕНОСНЫХ МАШИН УДАРНОГО ДЕЙСТВИЯ

Доброборский Б.С.<sup>1</sup>, Овчаров А.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет», Санкт-Петербург, Россия (190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., д. 4), e-mail: rector@spbgasu.ru

Произведен анализ условий исследований эффективности устройств демпфирования вибрации ручных и переносных машин ударного действия. В соответствии со своим назначением ручные и переносные машины ударного действия могут работать в самых разных условиях, как при различных пространственных положениях, так и при различных продольных усилиях операторов. При этом в соответствии с требованиями гигиенических нормативных документов эти машины не должны превышать установленные предельные допустимые параметры при всех условиях их эксплуатации. Для таких видов машин эти требования в основном касаются параметров уровней вибрации и ее спектра при различных осевых усилиях операторов. Для исследований эффективности виброгасящих устройств разработан специальный стенд с механическим и электронным оборудованием, обеспечивающим воздействие на виброгасящие устройства необходимых параметров вибрации по уровню, спектру и направлению в сочетании с различными осевыми усилиями, полностью воспроизводящими соответствующие производственные условия. При этом стенд формирует спектр вибрации как в соответствии с рядами Фурье, так и в соответствии со стандартными среднегеометрическими частотами октавных полос. Исследования производятся с участием операторов.

Ключевые слова: ручная, переносная, машина, ударное действие, вибрация.

## FEATURES OF RESEARCHES OF THE EFFICACY OF DEVICES REDUCE VIBRATION MANUAL AND PORTABLE MACHINES OF IMPACT OPERATING PRINCIPLE

Dobroborskiy B.S.<sup>1</sup>, Ovcharov A.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Saint-Petersburg state university of architecture and civil engineering, Saint-Petersburg, Russia (190005, Saint-Petersburg, street 2-d Krasnoarmeiskaya, 4), e-mail: rector@spbgasu.ru

The analysis of the conditions of research on the effectiveness of portable devices vibration damping machines, producing impact. In accordance with its purpose portable machine can work in a variety of conditions, both in different positions and at different longitudinal forces operators. Thus, in accordance with the requirements of sanitary regulations, these machines should not exceed the maximum permissible values under all conditions of operation. For these types of machines, these requirements mainly concern the parameters of vibration levels and its spectrum at different axial forces operators. For research on the effectiveness of vibration devices designed a special stand with electronic equipment, providing exposure to vibration damping device required parameters vibration level range and direction in conjunction with various axial forces, fully reproducing the relevant production conditions. At the same booth generates vibration spectrum in accordance with Fourier series, and in accordance with the standard octave band center frequencies. Studies carried out with the participation of operators.

Keywords: hand, portable, machine, hammering, operation, vibration.

Условия и безопасность труда операторов, эксплуатирующих ручные и переносные машины, регламентируются различными нормативными документами, в частности документом Р 2.2.2006-05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» [4; 7; 8].

Для обеспечения соответствия этим требованиям рукоятки ручных и переносных машин, особенно пневматических машин ударного действия: рубильные и отбойные молотки, бетоноломы и перфораторы, снабжаются виброгасящими устройствами, представляющими

собой комбинации упругих элементов, в основном пружин, эффективно подавляющих низкочастотную вибрацию, и резиновых покрытий, эффективно подавляющих высокочастотную вибрацию [1; 6].

Эксплуатация этих машин происходит в самых разных условиях, в связи с чем эффективность виброгасящих устройств не всегда имеет достаточный уровень, например, необходимость больших осевых усилий приводит к снижению эффективности гашения вибрации из-за повышения жесткости упругих элементов.

Целью настоящей работы является определение основных требований и разработка универсального стенда для исследований эффективности виброгасящих устройств рукояток ручных и переносных пневматических машин ударного действия при различных условиях эксплуатации.

Анализ работы этих машин показал следующее.

В соответствии с принятыми принципами конструирования ручных и переносных машин ударного действия они содержат корпус с размещенным в нем соответствующим механизмом, к которому крепится рукоятка с виброгасящим устройством с одной стороны и рабочий инструмент с другой.

На рис. 1 приведен пример конструкции ручного пневматического отбойного молотка МО-1.

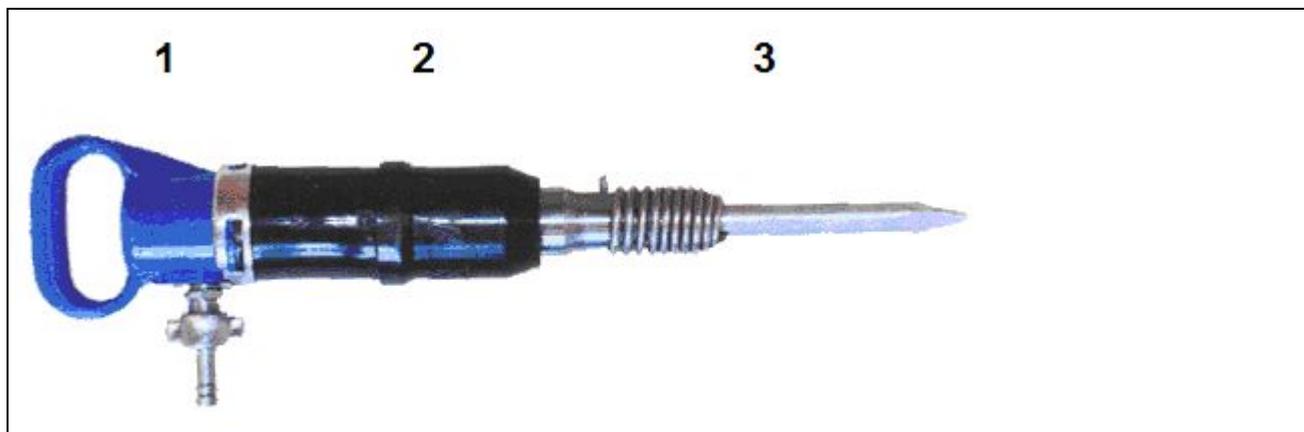


Рис. 1. Пневматический молоток МО-1.

Как видно из рис. 1, молоток содержит виброгасящую рукоятку 1, корпус 2 и рабочий инструмент 3.

Включение молотка осуществляется путем осевого усилия на рукоятку в направлении рабочего инструмента. При этом молоток может быть ориентирован в пространстве самым различным образом. В зависимости от пространственного положения отбойного молотка, его массы и осевого усилия оператора на его руку будет воздействовать тот или иной уровень и спектр вибрации рукоятки.

Источником вибрации отбойного молотка являются периодические колебания корпуса под действием периодической силы реакции, возникающей в результате возвратно-поступательных движений поршня-ударника в корпусе молотка под действием сжатого воздуха.

Энергия колебаний корпуса и возвратно-поступательных движений поршня-ударника, исходя из законов сохранения энергии и импульса, определяется уравнением (1)

$$\frac{W_p}{W_k} = \frac{m_k}{m_p}, \quad (1)$$

где  $W_p$  и  $W_k$  - энергии поршня-ударника и корпуса соответственно,  $m_p$  и  $m_k$  – соответственно массы поршня-ударника и корпуса.

Гашение вибрации с помощью упругих элементов заключается в периодическом преобразовании кинетической и потенциальной энергий колебаний за счет инерционности массы, на которую воздействуют силы в соответствии со 2-м законом Ньютона и классической теорией массы на упругом основании

$$s = \frac{W}{ma}, \quad (2)$$

где  $s$  – амплитуда колебаний.

Как видно из уравнения (2), амплитуда колебаний  $s$  пропорциональна энергии  $W$  и обратно пропорциональна массе  $m$ .

На рис. 2 показан пример виброгасящего устройства вида «масса на упругом основании».

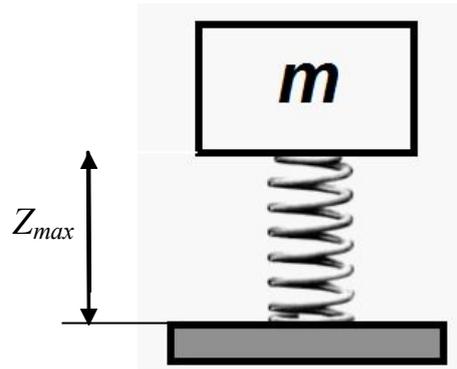


Рис. 2. Масса на упругом основании.

Процесс уменьшения колебаний (гашения вибрации) на примере массы на упругом основании представлен на рис. 3, где на графике 2 показан процесс периодических мгновенных вертикальных перемещений основания, в результате чего пружина периодически сжимается и разжимается, и в соответствии с законом Гука периодически изменяется сила, действующая на массу  $m$ . На графике 1 показаны закономерности перемещения массы  $m$  под действием этой силы (рис. 3).

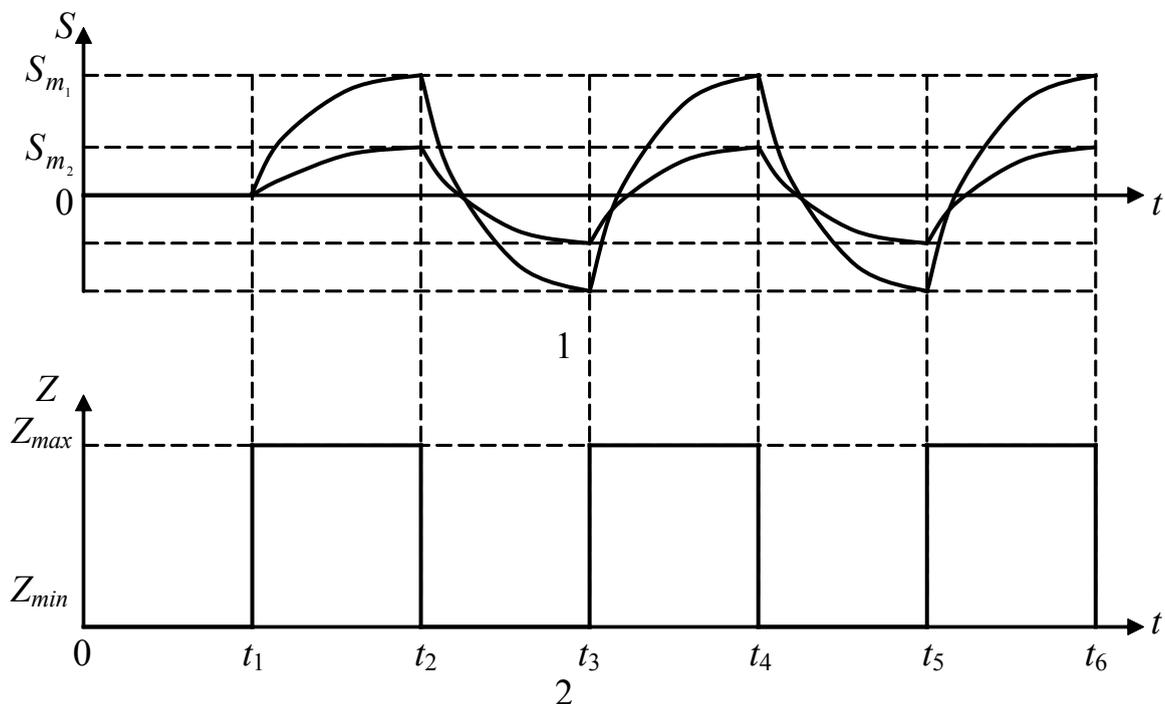


Рис. 3. Графики изменения амплитуды колебаний при различных массах на упругом основании.

В соответствии со 2-м законом Ньютона масса  $m$  перемещается с ускорением  $a$ , обратно пропорциональным ее массе:

$$a = \frac{k\Delta Z}{m}, \quad (3)$$

где  $k$  – коэффициент упругости;  $\Delta Z = Z_{\max} - Z_{\min}$ .

Как видно из рис. 3, при одной и той же величине перемещения  $\Delta Z = Z_{\max} - Z_{\min}$  в случае, если  $m_1 < m_2$ , величина перемещения этих масс  $S_{m_1} > S_{m_2}$ .

Применительно к ручным и переносным машинам ударного действия необходимо отметить, что если массы виброгасящих рукояток, определяемых конструкцией машин, всегда известны, то массы рук, удерживающих машины, в значительной степени зависят от антропометрических параметров оператора и колеблются в больших пределах. Кроме того, в зависимости от пространственного положения машины направления осевых сил подачи и сил тяжести машин и виброгасящих рукояток также могут находиться в различных сочетаниях.

Несмотря на это, во всех случаях эксплуатации машин должны выполняться требования нормативных документов по уровню вибрации рукояток и другим параметрам.

Поскольку рассматриваемые машины должны соответствовать гигиеническим нормативам во всех случаях, для исследований эффективности виброгасящих устройств нами был разработан специальный испытательный стенд, обеспечивающий исследования виброгасящих устройств при самых разных положениях и условиях их эксплуатации с участием операторов-добровольцев, осуществляющих при испытаниях виброгасящих устройств необходимое усилие подачи в нужном направлении.

Исходя из поставленных задач, стенд, имитирующий рабочие процессы эксплуатации ручных и переносных машин, обеспечивает необходимые диапазоны нагрузок на оператора по массе, усилию подачи в различных направлениях, уровни и спектр вибрации.

На рис. 4 показан общий вид стенда, а на рис. 5 – его структурная схема.

Как видно из рис. 5, стенд для моделирования работы с ручными и переносными машинами состоит из электродинамического вибростенда 1, опорной планки 2, промежуточной планки 3, тензодатчика 4, поворотного рычага 5, рукояток перфоратора 6, пьезоакселерометра 7, виброметра 8, анализатора спектра 9, тензометра 10, выходного трансформатора 11, усилителя мощности 12 и устройства для перестройки частоты генераторов и синтезатора вибрации 13.

Устройство для перестройки частоты генераторов [5] и синтезатор вибрации 13 генерируют пакет пилообразных сигналов (вторая гармоника которых на 18 дБ ниже первой).

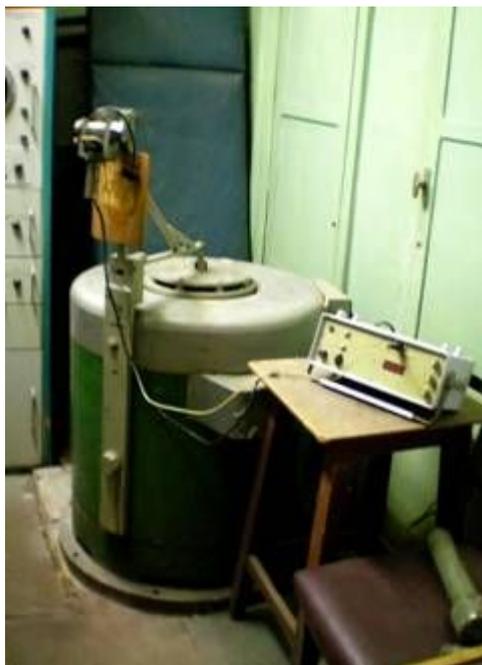


Рис. 4. Общий вид стенда.

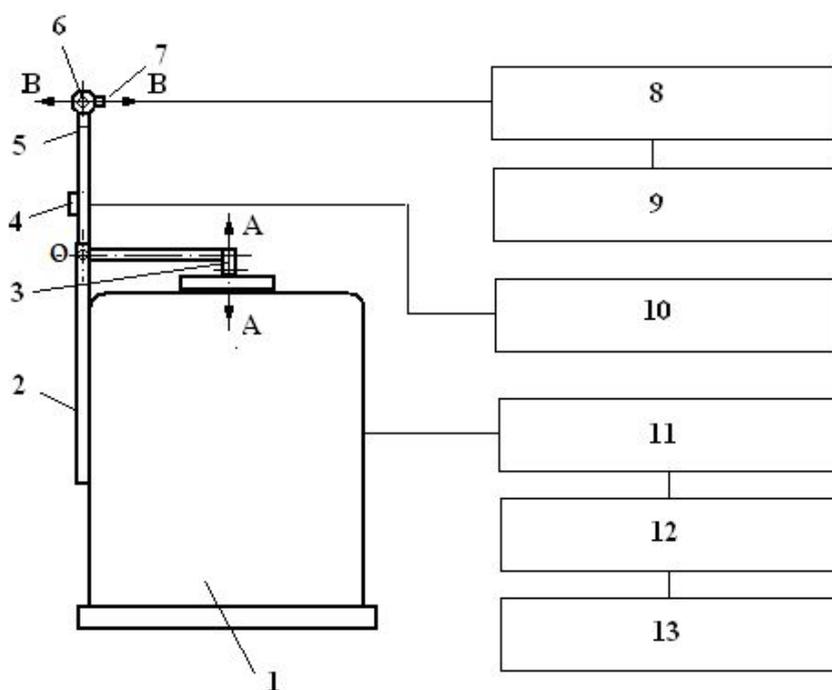


Рис. 5. Структурная схема модернизированного вибростенда.

При том, что разница между соседними частотами вибрации машин обычно не превышает 7 дБ на частотах 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024 Гц, практически совпадающих с частотами стандартных октавных фильтров, каждый из которых, независимо от других, регулируется по уровню в больших пределах, а при необходимости и на других частотах с любым заданным шагом.

Поворотный рычаг 5 с рукояткой 6, установленный на опорной планке 2, закрепленной на боковой стенке электродинамического вибростенда 1, с помощью промежуточной планки 3, вращаясь вокруг оси О, преобразует направление вибрации (В – В) и передает ее на рукоятку 6. Положение поворотного рычага 5 может регулироваться для обеспечения необходимого направления воздействия вибрации и осевых усилий.

В верхней части поворотного рычага установлен пьезоакселерометр 7, соединенный с виброметром 8 и анализатором спектра 9, с помощью которых производится контроль уровня и спектра вибрации на рукоятке.

Там же установлен тензодатчик 4, соединенный с тензометром 10, посредством которых осуществляется контроль усилия в установленном направлении.

Таким образом, разработанный стенд обеспечивает имитацию работы бурильщиков по параметрам усилия подачи и спектру вибрации.

### Список литературы

1. Александров Е.В. Основы расчета виброзащитных средств с упругой связью / Е.В. Александров, Е.Л. Студниц. – М. : Из-во ИГД им. А.А. Скочинского, 1966. – 64 с.
2. Александров Е.В. Снижение вибрации ручных горных машин / Е.В. Александров, Ю.В. Флавицкий // Машиностроитель. – 1967. – № 7. – С. 13.
3. Волков С.А. Строительные машины / С.А. Волков, С.А. Евтюков. – СПб. : ДНК, 2008. – 704 с.
4. ГОСТ 16519-2006 (ИСО 20643:2005) Вибрация. Определение параметров вибрационной характеристики ручных машин и машин с ручным управлением. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2008. – 19 с.
5. Доброборский Б.С. Устройство для перестройки частоты генераторов / Б.С. Доброборский. Авт. свид. № 792594. – 1980. Бюллетень № 48.
6. Кусницын Г.И. Пневматические ручные машины. Справочник / Г.И. Кусницын. и др. – Л. : Машиностроение, 1968. – 376 с.
7. Методические указания по проведению измерений и гигиенической оценке производственных вибраций МУ 3911-85 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://russia.bestpravo.ru/ussr/data02/tex12560.htm>.
8. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда (Руководство Р.2.2.2006-5) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kadrovik.ru/docs/rukovodstvo.2.2.2006-05.htm>.

**Рецензенты:**

Максимов С.Е., д.т.н., профессор, генеральный директор «Научно-производственной компании «НТМТ». Ленинградская обл., г. Гатчина.

Ушаков А.И., д.т.н., профессор, директор ООО «Научно-производственный информационно-консультационный центр». г. Санкт-Петербург.