



Смирнов В.В.

Гигиеническая оценка защитных свойств средств индивидуальной защиты рук при испытаниях на вибрационном стенде

ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 191036, Санкт-Петербург, Россия

РЕЗЮМЕ

Введение. В производственных условиях на рабочих местах операторов ручного инструмента не всегда удаётся полностью исключить вибрационное воздействие, превышающее нормативные уровни. Мощность и скоростные характеристики современных ручных машин постоянно нарастают. Локальная вибрация отрицательно воздействует на организм, что требует применения средств индивидуальной защиты (СИЗ) при работе с ручным инструментом.

Материалы и методы. Проведены стендовые испытания средств защиты рук. СИЗ изготовлены из демпфирующих материалов различной формы и расположены в разных частях изделия. Вибрационный датчик устанавливали и крепили в местах контакта рук оператора с источником вибрации и на предплечье. По разности уровней измерений определялась эффективность защиты.

Результаты. При испытаниях регистрировали уровни вибрации на рукоятке вибростенда, ладонной поверхности, пальцах кистей рук и предплечье оператора. В низкочастотной области спектра ослабление вибрации было минимальным, а с увеличением частотного диапазона становилось интенсивнее. Во всех областях спектра уровни эффективности рукавиц выше, чем перчаток. В местах контакта пальцев рук с источником вибрации эффективность СИЗ была меньше, чем в области контакта с кистью, а в низкочастотной области спектра отмечена отрицательная эффективность до 0,8 дБ. Измерение на предплечье оператора показало, что распространение вибрации по предплечью ниже, чем по кисти руки.

Ограничения исследования. Исследование было проведено в лабораторных условиях в течение одного года, включало две тысячи измерений.

Заключение. Гигиеническая оценка эффективности защитных свойств средств индивидуальной защиты рук проведена в соответствии с разработанными методами лабораторных испытаний при установке и креплении вибрационного датчика на рукоятке вибростенда, кисти и предплечье оператора. Определение эффективности всего изделия следует учитывать при конструировании и изготовлении новых средств защиты рук от вибрации.

Ключевые слова: вибрационный стенд; демпфирующие материалы; средства защиты рук; частотный диапазон; кисть; предплечье

Соблюдение этических стандартов. Исследование проведено с соблюдением этических норм Хельсинкской декларации Всемирной медицинской ассоциации. Получено заключение Локального этического комитета ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», протокол № 2024/66.3 от 26.01.2024 г. Каждый участник дал информированное добровольное письменное согласие на участие в исследовании и публикацию персональной информации в обезличенной форме в журнале «Гигиена и санитария».

Для цитирования: Смирнов В.В. Гигиеническая оценка защитных свойств средств индивидуальной защиты рук при испытаниях на вибрационном стенде. *Гигиена и санитария*. 2024; 103(8): 870–875. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-870-875> <https://elibrary.ru/fivqvq>

Для корреспонденции: Смирнов Владимир Васильевич, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. отд. физических факторов ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург. E-mail: v.smirnov@s-znc.ru

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии явных и потенциальных конфликтов интересов в связи с публикацией данной статьи.

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Поступила: 03.05.2024 / Поступила после доработки: 23.05.2024 / Принята к печати: 06.06.2024 / Опубликовано: 10.09.2024

Vladimir V. Smirnov

Hygienic assessment of the protective properties of personal hand protection equipment during vibration testing

North-Western Scientific Center for Hygiene and Public Health, 191036, St.-Petersburg, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. In industrial environments, at the workplaces of hand tool operators, it is not always possible to completely eliminate increased levels of vibration exposure. The power and speed characteristics of modern hand-held machines are constantly increasing. The impact of local vibration on a person has a negative effect on his body. When working with hand tools, personal protective equipment is used. The purpose of personal hand protection against vibration is to reduce the vibration impact on a person.

Materials and methods. Bench tests were carried out on hand protection products consisting of damping materials of various shapes and locations in the product. The vibration sensor was installed and fastened in places where the operator's hands came into contact with vibration and on the forearm. The effectiveness of protection was determined by the difference in measurement levels.

Results. During the tests, vibration levels were recorded on the handle of the vibration stand, the palmar surface, the fingers, and the operator's forearm. In the low-frequency region of the spectrum, vibration attenuation is minimal, and as the frequency range increases, the attenuation increases. Across all areas of the spectrum, performance levels for mittens are higher than for gloves. In places where the fingers come into contact with vibration, the efficiency is less than when in contact with the hand, and in the low-frequency region of the spectrum a negative efficiency of up to 0.8 dB is noted. Vibration measurements on the operator's forearm showed vibration levels in the forearm to be lower than in the hand.

Limitations. The study was conducted over a period of one year, in laboratory conditions, and was limited to two thousand measurements.

Conclusion. Hygienic assessment of the effectiveness of the protective properties of personal protective equipment for hands was carried out in accordance with developed laboratory test methods when installing and securing a vibration sensor on the handle, hand, and forearm of the operator. Determining the effectiveness of the entire product model should be considered when designing and manufacturing new hand protection against vibration.

Keywords: Vibration stand; damping materials; hand protection; frequency range; brush; forearm

Compliance with ethical standards. The study was conducted in accordance with the ethical standards of the Declaration of Helsinki of the World Medical Association. The conclusion of the Local Ethical Committee of the Federal Budgetary Institution "North-West Scientific Center for Hygiene and Public Health" was received, protocol No. 2024/66.3 dated January 26, 2024. Each study participant gave informed voluntary written consent to participate in the study and publish personal information in anonymized form in the journal "Hygiene and Sanitation".

For citation: Smirnov V.V. Hygienic assessment of the protective properties of personal hand protection equipment during vibration testing. *Gigiena i Sanitariya / Hygiene and Sanitation, Russian journal*. 2024; 103(8): 870–875. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2024-103-8-870-875> <https://elibrary.ru/fivqvq> (In Russ.)

For correspondence: Vladimir V. Smirnov, MD, PhD, senior researcher of the Department of Physical Factors; North-Western Scientific Center for Hygiene and Public Health, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation, E-mail: v.smirnov@s-znc.ru

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Acknowledgement. The study had no sponsorship.

Received: May 3, 2024 / Accepted: June 19, 2024 / Revised: June 6, 2024 / Published: September 10, 2024

Введение

В настоящее время возрастает гигиеническая значимость вибрационного фактора в производственных условиях. В технологических процессах не всегда удаётся полностью исключить повышенное вибрационное воздействие на операторов ручных инструментов [1–3]. Мощность и скоростные характеристики современных ручных машин постоянно нарастают. Воздействие на человека локальной вибрации, превышающей нормативные уровни, отрицательно сказывается на физическом состоянии организма, производительности труда, приводит к развитию профессиональной и росту общей заболеваемости [4–6]. В государственном докладе «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2022 году» значительное внимание уделено профессиональной заболеваемости. В России структура профессиональной патологии, связанной с воздействием производственных физических факторов, в долях составила 47,11%, что в 1,1 раза выше аналогичного показателя 2021 г. и на 0,5% выше по сравнению с 2013 г. (46,62%). При работе с ручным механизированным инструментом применяют средства индивидуальной защиты, назначение которых состоит в том, чтобы уменьшить вибрационное воздействие на человека. Перчатки и рукавицы снижают передаваемую на руки работника вибрацию, однако в некоторых случаях наблюдается обратный эффект, что повышает риск возможных повреждений опорно-двигательного аппарата, сердечно-сосудистой и нервной систем [7–9]. Основная задача СИЗ – сохранение рук в комфортных условиях воздухо-, влаго- и теплообмена, ослабление негативного воздействия вибрации. При использовании СИЗ воздействие вибрации в различных частях спектра снижается на 1–12 дБ [10, 11]. В различных частотных диапазонах демпфирующий материал изделий защиты может как снижать вибрацию, так и увеличивать. Толщина упругих вставок влияет на эффективность антивибрационных свойств и зависит от расположения демпфирующего материала на конструкции изделия защиты [12–14]. Систематические данные об эффективности некоторых моделей виброзащитных изделий отсутствуют, а предложенные разработчиками модели не имеют доказательной базы в численном выражении [15, 16]. Все средства индивидуальной защиты должны иметь декларацию соответствия, но не все модели в заявленных полосах частот соответствуют предъявляемым требованиям. Для определения соответствия изделий техническому регламенту ТС 019/2011¹ применяется ГОСТ 12.4.002–97². Результаты испытаний, полученные с использованием ГОСТ ISO 10819–2017³, могут быть использованы только в качестве ориентировочных оценок виброзащитных свойств перчаток. Результаты испытаний,

полученные с использованием ГОСТ ИСО 13753–2002⁴, могут быть использованы при выборе материалов, но не для оценки свойств перчаток, изготовленных из этих материалов. Разработанные предложения и методические подходы к испытаниям средств индивидуальной защиты позволят оценить эффективность виброзащиты непосредственно на руках оператора-испытателя при распространении вибрации от вибростенда [17, 18]. Полностью предотвратить вредное воздействие вибрации одними только средствами защиты невозможно, необходимо разрабатывать меры профилактики и комплексные мероприятия для улучшения условий труда [19].

Цель исследования – оценка эффективности средств индивидуальной защиты рук при испытаниях в лабораторных условиях на вибрационном стенде.

Материалы и методы

Эффективность средств индивидуальной защиты рук от вибрации определяли по результатам лабораторных стендовых испытаний. Средства защиты конструировали и изготавливали с использованием демпфирующих материалов различной формы, располагали их в разных местах изделия. Исследования проводили в соответствии с ГОСТ 12.4.002–97⁵ и ТР ТС 019/2011⁶. Толщина защитного слоя материала была удобной для рук оператора при выполнении технологических операций. Модель средства защиты определяли в зависимости от назначения изделия с учётом вибросиловых характеристик и условий эксплуатации на рабочих местах. Использование средств защиты должно исключить нарушения здоровья оператора и возникновение опасных ситуаций. Изделия изготавливались в соответствии с утверждённой промышленной технологией. В лабораторных условиях проводили стендовые испытания средств индивидуальной защиты рук с регистрацией уровней вибрации на границе кисти руки, упругой прокладке, рукоятке вибрационного инструмента, предплечье. При регистрации уровней вибрации на предплечье вводили поправочный коэффициент и определяли эффективность защитных свойств для всей конструкции модели изделия. Обработку результатов измерений вели для каждого экземпляра изделия и для результатов измерений контролируемого параметра по каждому испытуемому. Значения уровней представляли с учётом расширенной неопределённости измерений U (95%). По разнице показаний между уровнями вибрации в местах крепления вибрационного датчика с использованием защитных средств и без защитных средств определяли эффективность демпфирующей прокладки изделия. Показания к применению средств защиты рук определяли в соответствии с видом средств защиты, характером работы, профессией, применяемым ручным инструментом, конструкцией и типом изделия.

¹ ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты».

² ГОСТ 12.4.002–97 «ССБТ. Средства защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний».

³ ГОСТ ISO 10819–2017 «Вибрация и удар. Метод измерения и оценки передаточной функции перчаток в области ладони».

⁴ ГОСТ ИСО 13753–2002 «Вибрация и удар. Метод измерения передаточной функции упругих материалов при их нагружении системой «кисть – рука».

⁵ ГОСТ 12.4.002–97 «ССБТ. Средства защиты рук от вибрации. Технические требования и методы испытаний».

⁶ Технический Регламент Таможенного союза, ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты».

Результаты

Испытания средств индивидуальной защиты рук выполнены на вибрационном стенде. Измерения проводили с виброзащитным изделием и без изделия с усилием нажатия оператором-испытателем на рукоятку стенда 100 и 200 Н. Стендом подавалась вибрация в пределах гигиенического норматива. Направление оси координат при измерениях

и работе оператора фиксировалось параллельно рукоятке стенда. Измерения проводили на рукоятке стенда, на кисти, пальцах руки и предплечье оператора (см. таблицу).
Анализ результатов измерений показал, что при испытании перчаток с усилием нажатия 100 Н ослабление вибрации в низких частотах составляло 1,3–1,6 дБ, а при усилии нажатия 200 Н ослабление составляло только 0,9–1,1 дБ. С увеличением частотного диапазона при усилии нажатия 100 Н

Показатели защитных свойств перчаток и рукавиц
Indices of the protective properties of gloves and mittens

Объект и место измерения Object and place measurements	Среднеквадратические уровни виброскорости, дБ в октавных полосах частот, Гц Root-mean-square (RMS) vibration velocity levels, dB in octave frequencybands, Hz						
	8; 16	31,5	63	125	250	500	1000
<i>Виброзащитные перчатки (усилие нажатия 100 Н) / Vibration-proof gloves (Pressing force 100 N)</i>							
Рукоятка стенда — кисть без изделия L _{v1} Stand handle — brush without product L _{v1}	109.0 ± 0.9	109.0 ± 1.2	109.0 ± 1.2	109.0 ± 1.2	109.0 ± 1.3	109.0 ± 1.5	109.0 ± 1.4
Рукоятка стенда — кисть с изделием L _{v2} Stand handle — brush with product L _{v2}	107.9 ± 0.9	106.8 ± 1.1	105.7 ± 1.5	104.4 ± 1.5	104.1 ± 1.5	100.5 ± 1.6	98.8 ± 1.8
Эффективность, ладонь L _{v1} без изделия — L _{v2} с изделием Efficiency, palm of the hand L _{v1} without product — L _{v2} with product	1.1	2.2	3.3	4.6	4.9	8.5	10.2
Рукоятка стенда — пальцы без изделия L _{v3} Stand handle — fingers without product L _{v3}	109.0 ± 1.0	109.0 ± 1.2	109.0 ± 1.3	109.0 ± 1.5	109.0 ± 1.5	109.0 ± 1.3	109.0 ± 1.5
Рукоятка стенда — пальцы с изделием L _{v4} Stand handle — fingers with product L _{v4}	108.5 ± 1.0	107.2 ± 1.2	106.6 ± 1.4	105.0 ± 1.2	104.8 ± 1.3	102.2 ± 1.5	97.7 ± 1.4
Эффективность, пальцы кисти L _{v3} без изделия — L _{v4} с изделием Efficiency, fingers L _{v3} without product — L _{v4} with product	−0.5	1.8	2.4	4.0	4.2	6.8	11.3
Предплечье без изделия L _{v5} / Forearm without product L _{v5}	107.1 ± 0.9	106.2 ± 1.3	103.8 ± 1.2	101.2 ± 1.5	102.7 ± 1.2	105.0 ± 1.4	106.3 ± 1.6
Предплечье с изделием L _{v6} / Forearm with product L _{v6}	105.9 ± 1.1	103.8 ± 1.2	100.3 ± 1.5	96.1 ± 1.4	97.2 ± 1.3	96.0 ± 1.1	95.7 ± 1.4
Эффективность, предплечье L _{v5} без изделия — L _{v6} с изделием Efficiency, forearm L _{v5} without product — L _{v6} with product	1.2	2.4	3.5	5.1	5.5	9.0	10.6
Поправочный коэффициент, предплечье L _{v2} с изделием — L _{v6} с изделием Correction factor forearm L _{v2} with product — L _{v6} with product	2.0	3.0	5.4	8.3	6.9	4.5	3.1
ГОСТ 12.4.002—97, тип изделия 2а GOST 12.4.002—97, product type 2a	1	2	2	3	4	5	6
<i>Виброзащитные перчатки (усилие нажатия 200 Н) / Vibration-proof gloves (Pressing force 200 N)</i>							
Рукоятка стенда — кисть без изделия L _{v1} Stand handle — brush without product L _{v1}	109.0 ± 1.0	109.0 ± 1.1	109.0 ± 1.2	109.0 ± 1.1	109.0 ± 1.2	109.0 ± 1.3	109.0 ± 1.4
Рукоятка стенда — кисть с изделием L _{v2} Stand handle — brush with product L _{v2}	108.1 ± 1.2	107.2 ± 1.1	107.0 ± 1.3	106.7 ± 1.4	105.0 ± 1.5	103.7 ± 1.3	101.9 ± 1.4
Эффективность, ладонь L _{v1} без изделия — L _{v2} с изделием Efficiency, palm of the hand L _{v1} without product — L _{v2} with product	0.9	1.8	2.0	2.3	4.0	5.3	7.1
Рукоятка стенда — пальцы без изделия L _{v3} Stand handle — fingers without product L _{v3}	109.0 ± 1.0	109.0 ± 1.1	109.0 ± 1.2	109.0 ± 1.3	109.0 ± 1.4	109.0 ± 1.2	109.0 ± 1.3
Рукоятка стенда — пальцы с изделием L _{v4} Stand handle - fingers with product L _{v4}	109.6 ± 1.1	109.4 ± 1.2	107.2 ± 1.4	106.8 ± 1.3	104.9 ± 1.5	102.5 ± 1.2	102.0 ± 1.4
Эффективность, пальцы кисти L _{v3} без изделия — L _{v4} с изделием Efficiency, fingers L _{v3} without product — L _{v4} with product	−0.6	−0.4	1.8	2.2	4.1	6.5	7.0
Предплечье без изделия L _{v5} / Forearm without product L _{v5}	107.5 ± 1.0	105.9 ± 1.2	103.9 ± 1.3	100.6 ± 1.4	101.8 ± 1.5	105.2 ± 1.2	106.2 ± 1.3
Предплечье с изделием L _{v6} / Forearm with product L _{v6}	106.4 ± 1.0	103.9 ± 1.2	101.6 ± 1.3	97.8 ± 1.4	97.4 ± 1.3	99.5 ± 1.1	98.8 ± 1.2
Эффективность, предплечье L _{v5} без изделия — L _{v6} с изделием Efficiency, forearm L _{v5} without product — L _{v6} with product	1.1	2.0	2.3	2.8	4.4	5.7	7.4
Поправочный коэффициент, предплечье L _{v2} с изделием — L _{v6} с изделием Correction factor forearm L _{v2} with product — L _{v6} with product	1.7	3.3	5.4	8.9	7.6	4.2	3.1
ГОСТ 12.4.002—97, тип изделия 2б GOST 12.4.002—97, product type 2b	+	1	2	2	3	3	5

Продолжение Таблицы на стр. 873. / Continuation of the Table on page 873.

Окончание Таблицы. Начало на стр. 872. / The end of the Table. The beginning is on page 872.

Объект и место измерения Object and place measurements	Среднеквадратические уровни виброскорости, дБ в октавных полосах частот, Гц Root-mean-square (RMS) vibration velocity levels, dB in octave frequencybands, Hz						
	8; 16	31,5	63	125	250	500	1000
<i>Виброзащитные рукавицы (усилие нажатия 100 Н) / Anti-vibration gloves (Pressing force 100 N)</i>							
Рукоятка станда — кисть без изделия L _{v1} Stand handle — brush without product L _{v1}	109.0 ± 1.0	109.0 ± 1.1	109.0 ± 1.2	109.0 ± 0.9	109.0 ± 1.0	109.0 ± 1.2	109.0 ± 1.3
Рукоятка станда — кисть с изделием L _{v2} Stand handle — brush with product L _{v2}	107.4 ± 0.9	106.2 ± 1.0	105.1 ± 1.2	103.2 ± 1.3	102.9 ± 1.2	101.1 ± 1.4	98.2 ± 1.4
Эффективность, ладонь L _{v1} без изделия — L _{v2} с изделием Efficiency, palm of the hand L _{v1} without product — L _{v2} with product	1.6	2.8	3.9	5.8	6.1	7.9	10.8
Рукоятка станда — пальцы без изделия L _{v3} Stand handle — fingers without product L _{v3}	109.0 ± 0.9	109.0 ± 1.0	109.0 ± 1.2	109.0 ± 1.0	109.0 ± 1.1	109.0 ± 1.2	109.0 ± 1.1
Рукоятка станда — пальцы с изделием L _{v4} Stand handle — fingers with product L _{v4}	109.5 ± 1.0	107.0 ± 1.2	106.6 ± 1.3	104.6 ± 1.2	103.5 ± 1.1	101.2 ± 1.2	99.3 ± 1.3
Эффективность, пальцы кисти L _{v3} без изделия — L _{v4} с изделием Efficiency, fingers L _{v3} without product — L _{v4} with product	−0.5	2.0	2.4	4.4	5.5	7.8	9.7
Предплечье без изделия L _{v5} Forearm without product L _{v5}	106.9 ± 0.9	106.1 ± 1.1	103.8 ± 1.2	99.5 ± 1.0	102.9 ± 1.4	104.8 ± 1.3	105.6 ± 1.5
Предплечье с изделием L _{v6} Forearm with product L _{v6}	105.4 ± 1.0	103.3 ± 1.1	99.8 ± 1.3	93.5 ± 1.2	95.6 ± 1.3	95.5 ± 1.4	93.0 ± 1.3
Эффективность, предплечье L _{v5} без изделия — L _{v6} с изделием Efficiency, forearm L _{v5} without product — L _{v6} with product	1.5	2.8	4.0	6.0	7.3	9.3	12.6
Поправочный коэффициент, предплечье L _{v2} с изделием — L _{v6} с изделием Correction factor forearm L _{v2} with product — L _{v6} with product	2.3	3.1	5.6	9.9	6.5	4.8	3.8
ГОСТ 12.4.002—97, тип изделия 2а GOST 12.4.002—97, product type 2a	1	2	2	3	4	5	6
<i>Виброзащитные рукавицы (усилие нажатия 200 Н) / Anti-vibration gloves (Pressing force 200 N)</i>							
Рукоятка станда — кисть без изделия L _{v1} Stand handle — brush without product L _{v1}	109.0 ± 0.9	109.0 ± 1.0	109.0 ± 1.2	109.0 ± 1.1	109.0 ± 1.0	109.0 ± 1.3	109.0 ± 1.4
Рукоятка станда — кисть с изделием L _{v2} Stand handle — brush with product L _{v2}	107.9 ± 1.1	106.8 ± 1.2	106.5 ± 1.4	105.7 ± 1.3	103.7 ± 1.2	102.7 ± 1.3	99.9 ± 1.3
Эффективность, ладонь L _{v1} без изделия — L _{v2} с изделием Efficiency, palm of the hand L _{v1} without product — L _{v2} with product	1.1	2.2	2.5	3.3	5.3	6.3	9.1
Рукоятка станда — пальцы без изделия L _{v3} Stand handle — fingers without product L _{v3}	109.0 ± 1.0	109.0 ± 1.1	109.0 ± 1.2	109.0 ± 1.2	109.0 ± 1.0	109.0 ± 1.3	109.0 ± 1.2
Рукоятка станда — пальцы с изделием L _{v4} Stand handle — fingers with product L _{v4}	108.0 ± 1.0	106.9 ± 1.2	106.8 ± 1.4	105.5 ± 1.4	103.8 ± 1.2	102.5 ± 1.4	100.9 ± 1.2
Эффективность, пальцы кисти L _{v3} без изделия — L _{v4} с изделием Efficiency, fingers L _{v3} without product — L _{v4} with product	1.0	2.1	2.2	3.5	5.2	6.5	8.1
Предплечье без изделия L _{v5} Forearm without product L _{v5}	102.5 ± 1.1	105.7 ± 1.2	103.0 ± 1.3	98.9 ± 1.1	102.1 ± 1.3	103.7 ± 1.2	104.0 ± 1.4
Предплечье с изделием L _{v6} Forearm with product L _{v6}	102.4 ± 1.0	103.4 ± 1.1	100. ± 1.2	95.2 ± 1.0	96.3 ± 1.4	97.0 ± 1.4	94.7 ± 1.3
Эффективность, предплечье L _{v5} без изделия — L _{v6} с изделием Efficiency, forearm L _{v5} without product — L _{v6} with product	0.1	2.3	2.8	3.7	5.8	6.7	9.3
Поправочный коэффициент, предплечье L _{v2} с изделием — L _{v6} с изделием Correction factor forearm L _{v2} with product — L _{v6} with product	5.4	3.4	6.3	10.5	7.4	5.7	5.2
ГОСТ 12.4.002—97, тип изделия 2б GOST 12.4.002—97, product type 2b	+	1	2	2	3	3	5

Примечание. * — значения уровней с учётом расширенной неопределённости измерений U (95%).

Note: level values taking into account the expanded measurement uncertainty U (95%).

виброгашение составляло 2,1–5,1 дБ, а при усилии нажатия 200 Н эффективность снижалась до 1,8–4 дБ. Установлено, что эффективность рукавиц выше, чем перчаток, в среднем на 0,5–1,5 дБ. В высокочастотном диапазоне при усилии нажатия 100 Н ослабление составляло 7,8–10,3 дБ, а при усилии нажатия 200 Н ослабление вибрации также снижалось до 6,3–9,1 дБ. В целом во всех областях спектра уровни эффективности у рукавиц выше, чем у перчаток, в среднем на 2–2,2 дБ. В местах контакта пальцев рук с источником вибрации отмечена меньшая эффективность, чем в местах контакта с кистью, а в низкочастотной области спектра отмечена отрицательная эффективность до 0,8 дБ.

Измерения вибрации с помощью вибрационного датчика, установленного на предплечье оператора, показало, что распространение вибрации по предплечью ниже, чем по кисти руки. Снижение вибрации отмечается при испытании как со средствами защиты, так и без них. Эффективность показателей сохраняла свою тенденцию в низкочастотной области спектра и достигала 1,5 дБ. При усилии 200 Н эффективность защиты на предплечье и кисти руки практически не изменялась. В среднечастотной и высокочастотной областях спектра эффективность в местах контакта с вибрацией сопоставима. Поправочный коэффициент к результатам измерений на предплечье позволил оценивать эффективность защиты при различных условиях работы на стенде. Появилась возможность оценить демпфирующие материалы и эргономичность конструкции изделия в целом, а не только отдельных вкладышей элементов защиты.

Обсуждение

Для оценки эффективности демпфирующего материала на ладонной поверхности и пальцах кистей рук проведены испытания на стенде. Измерения вибрации проводили в местах контакта кистей рук оператора-испытателя с источником локальной вибрации. Оценку эффективности виброгасящего материала проводили не только по снижению вибрации, но и в зависимости от расположения вкладышей по всей конструкции изделия для предотвращения контакта руки с вибрирующей поверхностью и удобства работы.

Одинаковый по техническим характеристикам демпфирующий материал показал разную эффективность защиты в различных областях спектра. В среднечастотной области спектра отмечалась положительная эффективность, а в низкочастотной – отрицательная. Измерение вибрации на предплечье позволило оценивать демпфирующие материалы и конструкцию изделия в целом, а не только отдельные элементы вкладышей защиты. В лабораторных условиях проводили измерения вибрации в различных точках крепления вибрационного датчика. Вибропреобразователь устанавливали в местах контакта с вибрацией в области ладони и пальцев, а также непосредственно на предплечье оператора-испытателя. Проводили оценку эффективности всего изделия. По результатам измерений выполнили сравнительную оценку эффективности средств индивидуальной защиты рук от вибрации при различных стеновых условиях работы. Эффективность СИЗ следует оценивать с учётом распространения вибрации по руке оператора при контакте с ручным инструментом. Авторами был применён математический подход к построению модели на основе описания распространения волн по двум соединённым шарниром вязкоупругим стержням, моделирующим руку человека от кисти до локтя и от локтя до плеча. Комплексный анализ вибрационных воздействий позволил выявить резонансные частоты от запястья до плеча [20]. На основании полученных результатов предложены методические подходы к измерениям вибрации в условиях испытаний средств индивидуальной защиты. Измерения вибрации непосредственно на руке оператора-испытателя позволяют оценить эффективность всех частей модели средства защиты.

Заключение

Гигиеническая оценка эффективности средств индивидуальной защиты рук проводится в соответствии с разработанными методами лабораторных испытаний при установке и креплении вибрационного датчика на рукоятке, кисти и предплечье оператора. Эффективность всей модели изделия следует учитывать при конструировании и изготовлении новых средств защиты рук от вибрации.

Литература

(п.п. 12, 13, 16–18 см. References)

1. Тимофеева И.Г. Вибрация ручных машин. *Вестник ВСГУТУ*. 2020; (3): 64–8. <https://elibrary.ru/kyfvas>
2. Бухтияров И.В., Зибарев Е.В., Вострикова С.М., Кравченко О.К., Пиктушанская Т.Е., Кузнецова Е.А. и др. Современное состояние условий труда в угольных шахтах России. *Медицина труда и промышленная экология*. 2023; 63(6): 348–58. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-6-348-358> <https://elibrary.ru/vxajap>
3. Сюрин С.А., Горбанев С.А. Производственная вибрация и вибрационная патология на предприятиях в Арктике. *Российская Арктика*. 2019; (6): 28–36. <https://doi.org/10.24411/2658-4255-2019-10064> <https://elibrary.ru/ifiqdlg>
4. Бабанов С.А., Мелентьев А.В., Киришина Т.М., Азовскова Т.А., Лаврентьева Н.Е., Вакурова Н.В. и др. Качество жизни при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации и ее сочетании с остеоартрозом. *Терапевт*. 2023; (12): 58–66. <https://doi.org/10.33920/MED-12-2312-06> <https://elibrary.ru/ouruze>
5. Муллер Н.В., Младова Т.А. Оценка профессионального риска проходчика участка буровзрывных работ. *XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс*. 2022; 11(1): 91–5. <https://doi.org/10.46548/21vek-2022-1157-0018> <https://elibrary.ru/ojlgqc>
6. Желова А.В. Методология оценки профессионального риска работающих при воздействии физических факторов. *Гигиена и санитария*. 2021; 100(9): 975–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-975-979> <https://elibrary.ru/qdcbig>
7. Сажин В.Л. Стенд для экспериментальных исследований воздействия локальных вибраций на человека. *Здравоохранение Российской Федерации*. 2020; 64(1): 51–6. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2020-64-1-51-56> <https://elibrary.ru/ltnpzy>
8. Новичкова А.К., Ерофеева Д.В., Клишина Д.Д., Криволапов И.П. Результаты экспериментальных исследований локальных вибраций при эксплуатации ручных электроинструментов. *Наука и образование*. 2023; 6(2): 352. <https://elibrary.ru/zlmdgx>
9. Хлопков Е.А., Смирнов В.В., Муравьев С.И., Вьюненко Ю.Н. Сравнительное исследование эффективности индивидуальных средств защиты рук от вибрации. В кн.: *Труды Всероссийской акустической конференции: Материалы III Всероссийской конференции*. СПб.; 2020: 523–8. <https://elibrary.ru/hwpnd1>
10. Хлопков Е.А., Смирнов В.В., Сятковский А.И. Сравнительное исследование эффективности антивибрационных рукавиц и перчаток. В кн.: Иванов Н.И., ред. *Защита от повышенного шума и вибрации: Сборник докладов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. СПб.; 2019: 673–9. <https://elibrary.ru/phfmyc>
11. Смирнов В.В., Булдаков П.Ю., Бухаров С.Н., Вьюненко Ю.Н., Хлопков Е.А., Мыцких С.И. Влияние конструктивных решений на эффективность индивидуальных средств защиты рук от вибрации. В кн.: *Защита от повышенного шума и вибрации: сборник докладов*. СПб.; 2017: 656–64. <https://elibrary.ru/ypfzkh>
12. Тюрин А.П. К вопросу исследования эффективности средств индивидуальной защиты рук от вибрации и его техническая реализация. *Noise Theory and Practice*. 2023; 9(1): 7–16. <https://elibrary.ru/ncfgfc>
13. Смирнов В.В., Сятковский А.И., Муравьев С.И., Хлопков Е.А., Вьюненко Ю.Н. Об эффективности индивидуальных средств защиты рук от вибрации. В кн.: *Сборник «Техническая акустика: разработка, проблемы, перспективы»*. Материалы международной научной конференции. Витебск; 2021: 62–5. <https://elibrary.ru/gulyvk>
14. Киришина Т.М. Показатели качества жизни при вибрационной болезни от воздействия локальной вибрации. В кн.: Мельцер А.В., Якубова И.Ш. *Профилактическая медицина-2022: сборник научных трудов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 30 ноября 2022 года*. СПб.; 2022: 119–25. <https://elibrary.ru/zqetrq>
15. Викторова И.В., Алексеева С.И., Мэттью Ф., Косе М. Математический подход к анализу синдрома вибрационной болезни рук. *Проблемы машиностроения и автоматизации*. 2016; (3): 92–7. <https://elibrary.ru/wkrdl1>

References

1. Timofeeva I.G. Vibration of hand-held machines. *Vestnik VSGUTU*. 2020; (3): 64–8. <https://elibrary.ru/kyvas> (in Russian)
2. Bukhtiyarov I.V., Zibarev E.V., Vostrikova S.M., Kravchenko O.K., Piktushanskaya T.E., Kuznetsova E.A., et al. The current state of working conditions in coal mines of Russia. *Meditina truda i promyshlennaya ekologiya*. 2023; 63(6): 348–58. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2023-63-6-348-358> <https://elibrary.ru/vxajap> (in Russian)
3. Syurin S.A., Gorbanev S.A. Production vibration and vibration-related pathology at enterprises in the Arctic. *Rossiiskaya Arktika*. 2019; (6): 28–36. <https://doi.org/10.24411/2658-4255-2019-10064> <https://elibrary.ru/ifqdlg> (in Russian)
4. Babanov S.A., Melentev A.V., Kiryushina T.M., Azovskova T.A., Lavrenteva N.E., Vakurova N.V., et al. Quality of life in vibration disease from exposure to local vibration and its combination with osteoarthritis. *Terapevt*. 2023; (12): 58–66. <https://doi.org/10.33920/MED-12-2312-06> <https://elibrary.ru/ouruzc> (in Russian)
5. Muller N.V., Mladova T.A. Assessment of the professional risk of the sinker of the drilling and blasting site. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus*. 2022; 11(1): 91–5. <https://doi.org/10.46548/21vek-2022-1157-0018> <https://elibrary.ru/ojlgqc> (in Russian)
6. Zheglova A.V. Improving the methodology for assessing occupational risk in workers under the influence of physical factors. *Gigiena i Sanitariya (Hygiene and Sanitation, Russian journal)*. 2021; 100(9): 975–9. <https://doi.org/10.47470/0016-9900-2021-100-9-975-979> <https://elibrary.ru/qdcbig> (in Russian)
7. Sazhin V.L. Stand for experimental research of the impact of local vibrations on human. *Zdravookhranenie Rossiiskoi Federatsii*. 2020; 64(1): 51–6. <https://doi.org/10.18821/0044-197X-2020-64-1-51-56> <https://elibrary.ru/ltnpyz> (in Russian)
8. Novichkova A.K., Erofeeva D.V., Klishina D.D., Krivolapov I.P. Studies of local vibrations of power tools. *Nauka i obrazovanie*. 2023; 6(2). <https://elibrary.ru/zlmdgx> (in Russian)
9. Khlopkov E.A., Smirnov V.V., Murav'ev S.I., Vyunenkov Yu.N. Comparative study of the effectiveness of individual hand protection against vibration. In: *Proceedings of the All-Russian Acoustic Conference: Materials of the III All-Russian Conference [Trudy Vserossiiskoi akusticheskoi konferentsii: Materialy III Vserossiiskoi konferentsii]*. St. Petersburg; 2020: 523–8. <https://elibrary.ru/hwpndi> (in Russian)
10. Khlopkov E.A., Smirnov V.V., Syatkovskii A.I. Comparative study of the effectiveness of anti-vibration mittens and gloves. In: Ivanov N.I., ed. *Protection from Increased Noise and Vibration: Collection of Reports of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Zashchita ot povyshennogo shuma i vibratsii: Sbornik dokladov VII Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem]*. St. Petersburg; 2019: 673–9. <https://elibrary.ru/phfmyc> (in Russian)
11. Smirnov V.V., Buldakov P.Yu., Bukharov S.N., Vyunenkov Yu.N., Khlopkov E.A., Mytskikh S.I. The influence of design solutions on the effectiveness of individual hand protection against vibration. In: *Protection from Increased Noise and Vibration: Collection of Reports [Zashchita ot povyshennogo shuma i vibratsii: sbornik dokladov]*. St. Petersburg; 2017: 656–64. <https://elibrary.ru/ypfzkh> (in Russian)
12. Jain A.R.T.B., Alphin M.S. Evaluation of the biodynamic response of the hand-arm system and hand-tool designs: a brief review. *Int. J. Occup. Saf. Ergon*. 2023; 29(2): 586–95. <https://doi.org/10.1080/10803548.2022.2060587>
13. Yao Y., Rakheja S., Marcotte P. Distributed vibration isolation and manual dexterity of anti-vibration gloves: is there a correlation? *Ergonomics*. 2020; 63(6): 735–55. <https://doi.org/10.1080/00140139.2020.1752819>
14. Tyurin A.P. On the issue of researching the effectiveness of anti-vibration gloves from vibration and its technical implementation. *Noise Theory and Practice*. 2023; 9(1): 7–16. <https://elibrary.ru/nfcgfc> (in Russian)
15. Smirnov V.V., Syatkovskii A.I., Muravev S.I., Khlopkov E.A., Vyunenkov Yu.N. On the effectiveness of personal hand protection against vibration. In: *Collection of Technical acoustics: development, problems, prospects. Materials of the International Scientific Conference [Sbornik «Tekhnicheskaya akustika: razrabotka, problemy, perspektivy». Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii]*. Vitebsk; 2021: 62–5. <https://elibrary.ru/glylyvk> (in Russian)
16. Xu X.S., Welcome D.E., Warren C.M., McDowell T.W., Dong R.G. Development of a finger adapter method for testing and evaluating vibration-reducing gloves and materials. *Measurement (Lond.)*. 2019; 137: 362–74. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2019.01.034>
17. Degan G.A., Antonucci A., Coltrinari G., Lippiello D. Problems related to measuring the transmissibility of anti-vibration gloves: possible efficacy for impact tools used in mining and quarrying activities. *Int. J. Occup. Saf. Ergon*. 2023; 29(2): 704–16. <https://doi.org/10.1080/10803548.2022.2070334>
18. Kremer C., Autenrieth D., Stack T., Rosenthal S., Gilkey D. Hand-arm vibration controls for jackleg rock drills: a pilot study assessing ergonomic hazards. *Min. Metall. Explor*. 2021; 38(5): 1933–41. <https://doi.org/10.1007/s42461-021-00451-6>
19. Kiryushina T.M. Indicators of quality of life in vibration disease from exposure to local vibration. In: Mel'tser A.V., Yakubova I.Sh., eds. *Preventive Medicine-2022: Collection of Scientific Papers of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation [Profilakticheskaya meditsina-2022: sbornik nauchnykh trudov Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem]*. St. Petersburg; 2022: 119–25. <https://elibrary.ru/zqetrq> (in Russian)
20. Viktorova I.V., Alekseeva S.I., Mett'yu F., Kose M. The mathematical implications of hand-arm vibration syndrome. *Problemy mashinostroeniya i avtomatizatsii*. 2016; (3): 92–7. <https://elibrary.ru/wkrdli> (in Russian)

Сведения об авторе

Смирнов Владимир Васильевич, канд. мед. наук, ст. науч. сотр. отд. физических факторов; ФБУН «СЗНЦ гигиены и общественного здоровья», 191036, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: v.smirnov@s-znc.ru

Information about the author

Vladimir V. Smirnov, MD, PhD, senior researcher of the Department of Physical Factors; North-Western Scientific Center for Hygiene and Public Health, St.-Petersburg, 191036, Russian Federation, <https://orcid.org/0000-0002-6627-494X> E-mail: v.smirnov@s-znc.ru