

УДК: 87.55.31

OECD: 1.03, 2.05

К вопросу исследования эффективности средств индивидуальной защиты рук от вибрации и его техническая реализация

Тюрин А.П.

Д.т.н., профессор кафедры «Техносферная безопасность»,
ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова», г. Ижевск, РФ

Аннотация

Статья посвящена краткому обзору исследований в области оценки эффективности средств индивидуальной защиты от вибрации с помощью вибрационных стендов. При проектировании таких средств защиты становится важным учитывать особенности использования тех или иных видов материалов для подавления вибрации, передающейся на руки. В исследованиях последних лет подтверждается, что не всегда толщина материала с достаточной степенью эффективности подавляет вибрацию, кроме того, для разных частей руки характерны различные степени снижения виброскорости. Для понимания принципов подавления вибрации, передающейся на руки, использование профессиональных систем не всегда оправдано материальными средствами. В этой связи разработка работающих моделей лабораторных стендов имеет положительное значение. В работе показано, что с помощью доступных измерительных средств с общей погрешностью не более 10% и бытовых инструментов, генерирующих вибрацию, возможно оценивать эффективность не только материалов, но с СИЗ рук в целом. Использование измерительных техник и методик измерения должно удовлетворять положениям стандартов с точки зрения точности и воспроизводимости измерений.

Ключевые слова: средства индивидуальной защиты от вибрации, эффективность, исследования, исследования на стендах.

On the issue of researching the effectiveness of anti-vibration gloves from vibration and its technical implementation

Tyurin A.P.

Doctor of technical Sciences, Professor of the Technosphere Security Department,
Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russia

Abstract

The article is devoted to a brief review of research in the field of evaluating the effectiveness of personal protective equipment against vibration using vibration stands. When designing such protective equipment, it becomes important to take into account the peculiarities of using certain types of materials to suppress vibration transmitted to the hands. In recent studies, it is confirmed that the thickness of the material does not always suppress vibration with a sufficient degree of efficiency, in addition, different parts of the hand are characterized by different degrees of vibration velocity reduction. To understand the principles of vibration suppression transmitted to the hands, the use of professional systems is not always justified by material means. In this regard, the development of working models of laboratory stands is of positive importance. The paper shows that with the help of available measuring instruments with a total error of no more than 10% and household tools that generate vibration, it is possible to evaluate the effectiveness of not only materials, but with hand PPE

in general. The use of measurement techniques and measurement procedures must comply with the provisions of the standards in terms of measurement accuracy and reproducibility.

Keywords: *antivibration gloves, efficiency, research, research on stands.*

Введение

Одна из актуальных проблем современного промышленного производства – борьба с вибрацией на рабочем месте. Технические средства борьбы с вибрацией разрабатываются в таких основных направлениях как ослабление вибрации на путях передачи, устранение причин вибрации или непосредственная защита человека-оператора, испытывающего действие вибрации с помощью средств индивидуальной защиты. Для научного обоснования их разработки и совершенствования необходим спектральный анализ вибрационных процессов источников. В настоящее время появляется достаточно много виброметров, как правило, анализаторов, которые, в отличие от прежних своих моделей, отличаются наличием функций цифровой обработки сигналов с последующим выводом получаемого спектра в амплитудно-частотной или амплитудно-временной зависимости на жидкокристаллический дисплей прибора или монитор компьютера. Примерами являются продукция таких фирм, как «Брюль и Кьер» (Дания), «Алгоритм-Акустика» (г. С-Петербург), НПП «Мера» (г. Москва) и ряд других. Однако измерительные системы для оценки средств индивидуальной защиты рук от вибрации имеют свои особенности, так как они должны обеспечивать генерацию вибрации на обхватываемой рукояти. В связи с высокой стоимостью профессиональных измерительных систем существует потребность в разработке лабораторных моделей, на которых можно изучать ключевые особенности спектров вибрации и шума и принципиальные подходы к их обработке.

1. Обзор исследований, посвященных оценке эффективности средств индивидуальной защиты рук от вибрации

Научные исследования вибраций при передаче их через средства индивидуальной защиты распространены преимущественно среди зарубежных ученых [1–6], в том числе такие исследования носят и медицинский характер [7]. Использование профессиональных систем не всегда оправдано материальными средствами. Между тем, физическая модель позволяет проверить адекватность аналитических зависимостей, описывающих реальный исследуемый объект.

Среди научных источников, посвященных созданию оборудования типа вибрационных стендов, встречается достаточное количество патентов [8-9]. Запатентован уникальный способ измерения вибрации, передаваемой от электроинструмента при техническом обслуживании оборудования на орбите [11]. Заявленные технические решения преимущественно используются в исследованиях влияния жесткости систем плоскостного типа на характер вибрации в условиях внешних вибрационных воздействий. Источник вибрации, как правило, может быть различным и выбирается, исходя из особенностей конструкции и целей исследования. Так, в [8] вибрационный режим испытываемой пластины обеспечивается с помощью генератора низких частот и электромагнита, создающего электромагнитное поле. Необходимый контроль вибрации испытываемых пластин осуществляется виброизмерительным прибором через закрепленный на изделии вибродатчик. Затем результаты исследований влияния жесткости системы плоскостного типа на характер вибрации в условиях лабораторного процесса уточняются

за счет обеспечения защиты внешнего лабораторного оборудования от вибраций, создаваемых вибростендом, и защиты вибростенда от внешних вибраций, создаваемых другим лабораторным оборудованием [8].

В исследованиях, имеющих научно-практическую направленность и касающихся оценки эффективности средств защиты рук, авторы проводят испытания имеющихся на рынке антивибрационных перчаток в количестве 17-ти видов в соответствии с методикой, утвержденной в стандарте EN ISO 10819:2013. Основная цель подобных исследований заключалась в проверке данных, предоставленных производителями в спецификациях средств индивидуальной защиты рук и руководствах пользователя. Так на основании измеренных значений коэффициентов передачи вибрации установлено, что, несмотря на наличие сертификатов на все испытанные средства индивидуальной защиты рук, шесть типов из них не соответствуют минимальным требованиям, предъявляемым к антивибрационным перчаткам, а два типа соответствуют указанным свойствам на грани удовлетворения этих требований. Два типа перчаток (несмотря на наличие сертификата) не продемонстрировали существенного демпфирования вибрации во всем испытанном диапазоне частот. В связи с этим, авторы источника [2] утверждают, что полученные результаты испытаний свидетельствуют о необходимости проверки антивибрационных свойств имеющихся сертифицированных перчаток у неподтвержденных поставщиков. Подобные виды исследований характерны для зарубежных ученых. Выполнение подобных исследований открывает необходимость оценки эффективности защиты антивибрационных перчаток в условиях их фактического использования.

Использование средств индивидуальной защиты рук снижает риск возникновения профессиональных заболеваний, возникающий в связи с передачей вибрации на руки работника. Для принятия обоснованного решения о любом типе средств индивидуальной защиты необходимо иметь данные о характеристиках, позволяющие оценить степень их защиты. Сведения по степени вибрационной защиты, предоставляемые из сертификатов конкретной антивибрационной перчатки, следует понимать с учетом некоторых базовых знаний о том, как тестируются перчатки. Факторы, влияющие на потенциальную эффективность антивибрационных перчаток, включают в себя особенности, связанные с воздействием вибрации на руку, условия внешней среды во время испытания перчаток, диапазон частот и направление вибрации, от которой требуется защита, величина усилия, создаваемое хватом руки, а также физические ограничения, связанные с материалом и конструкцией перчаток [12]. Зачастую принятые гипотезы об эффективности снижения вибрации материалом могут отличаться от выводов, полученных в эксперименте.

Так, можно предположить, что увеличение толщины перчатки уменьшит вибрацию, передаваемую на руку. В исследовании [13] три образца материала антивибрационной перчатки соединялись в трехслойную конструкцию, обеспечивая при этом три различные толщины: 6,4, 12,8 и 19,2 мм. Были измерены динамическая жесткость всех трех толщин, действующая масса на ладони и пальце и передача вибрации на ладонь и палец. Показано, что на частотах от 20 до 350 Гц материал уменьшал вибрацию на ладони, но увеличивал вибрацию на пальце. В свою очередь, увеличение толщины защитного материала уменьшает вибрацию на ладони, но увеличивает вибрацию на пальце. Было показано, что уменьшение динамической жесткости материала перчаток может увеличить или уменьшить передачу вибрации в зависимости от материала, частоты вибрации и точки измерения (ладонь или палец) [13].

В конечном счете, нельзя полагаться на то, что антивибрационные перчатки обеспечивают достаточную и постоянную защиту пользователя, и прежде чем рассматривать возможность их использования, следует сначала оценить возможность применения других доступных средств уменьшения вибрации.

В некоторых случаях степень снижения вибрации средствами индивидуальной защиты рук может требовать специальных испытаний для подтверждения эффективности защиты пальцев при передаче вибрации на руки от машин и ручных инструментов. Ослабление вибрации, передаваемой на пальцы, может стать причиной специальных исследований, проводимых, в том числе, для улучшения понимания механизмов работы таких перчаток. Так, в эксперименте [14] приняли участие семь взрослых мужчин. Выбранные для оценки факторы включали величину усилия охвата руки (четыре уровня), конструктивные особенности перчаток (наличие камеры с гелем или воздушной полости без геля) и позиция измерения вибрации, передаваемая на пальцы. В контрольном случае проводили замеры вибрации, передаваемую на руки, без использования перчаток. Для измерений вибраций на пальцах и ладони использовалась комплексная система, основу которой представлял трехмерный лазерный виброметр. Подобные виды специальных исследований подтверждают особенности снижения вибрации при использовании перчаток в зависимости от распределения жесткости контакта с пальцами и усилием захвата. Неожиданные выводы свидетельствуют о том, что перчатки могут как увеличивать вибрацию, так и снижать ее в зависимости от частотного диапазона: в среднем перчатки снижают вибрацию всех пальцев менее чем на 3% при частотах ниже 80 Гц, но увеличивают при частотах от 80 до 400 Гц. На более высоких частотах перчатка с гелевым наполнителем более эффективно снижает вибрацию пальцев, чем перчатка с воздушной камерой [14]. Результаты таких исследований, несомненно, представляют научную ценность с практической точки зрения.

2. Практическая реализация измерительного комплекса

Для решения простых задач оценки эффективности средств индивидуальной защиты от вибрации на этапе создания прототипов допустимо создавать комплекс лабораторного оборудования, имеющих черты профессиональных систем. Наиболее простой и достаточно информативный способ может быть реализован с применением шумомера-виброметра ВШВ-003-М2 в совокупности с цифровым осциллографом, имеющим функцию цифровой обработки сигналов. Примером простейшего из них может являться двухканальный цифровой осциллограф. Реализация такой измерительной схемы проиллюстрирована на рис. 1. Ключевые узлы программно-аппаратного комплекса представляют собой:

- 1) источник вибрации – бытовая электродрель модели «Skill» (мощность 500 Вт);
- 2) устройство для измерения вибрации – измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2;
- 3) устройство для цифровой обработки сигналов – цифровой запоминающий осциллограф «Актаком» АСК-3106 РО;
- 4) устройство для чтения и обработки данных, например, компьютер.

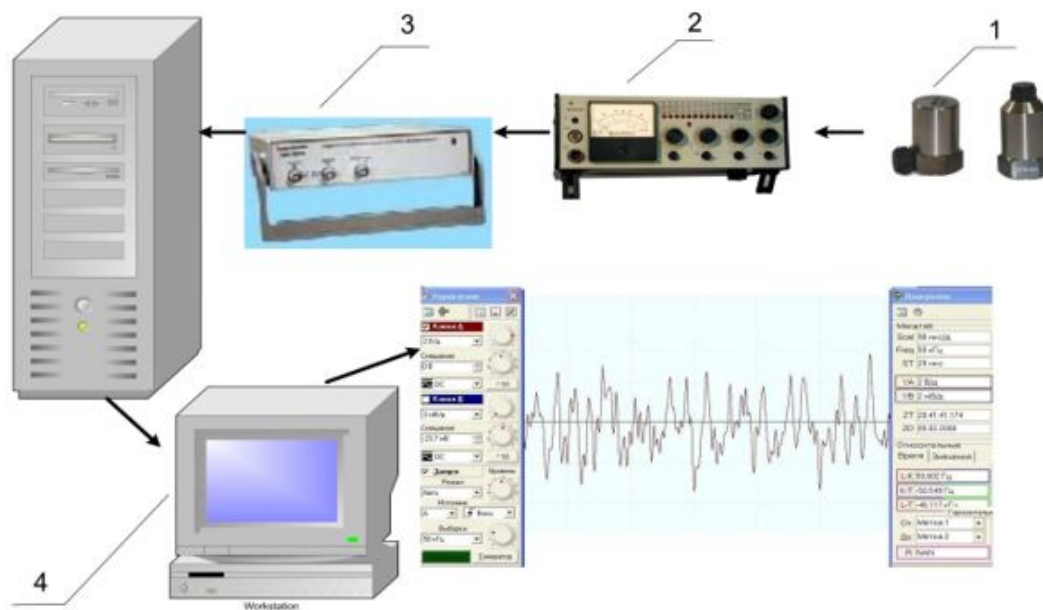


Рис. 1. Схема лабораторной модели измерительного комплекса вибрации:

- 1 - вибропреобразователи ДН-3-М1; 2 – измерительное устройство;
3 – цифровой осциллограф; 4 – персональный компьютер для обработки данных

Конечно, шумомер-виброметр ВШВ-003-М2, используемый в измерительном комплексе, является устаревшим прибором, однако его функциональные возможности вполне могут быть использованы для решения простейших поставленных задач, в особенности для образовательных целей. Сам прибор относится к шумомерам I класса точности [15] и имеет BNC-разъем. Данный тип разъема (Bayonet Neill-Concelman) представляет собой общий тип RF-разъема, активно используемых в радио-видео аппаратуре, в которой сигнал передается по радиочастотному кабелю. Для такого вида разъема существуют ограничения по частоте и напряжению, например, максимально допустимая частота составляет 3 ГГц, а напряжение должно быть не более 500 В. В указанном шумоизмерительном приборе частотные характеристики уровней звука по шкалам коррекции А, В или С в диапазоне частот 2 Гц – 18 кГц измеряются с достаточной точностью. Кроме того измеряются квадратические значения виброускорения и виброскорости. Съём информации о вибрации осуществляется специальным преобразователем модели ДН-3-М1 или ДН-4-М1.

Ключевые функциональные узлы измерителя шума и вибрации:

- 1) вибропреобразователь ДН-3-М1(или ДН-4-М1);
- 2) предусилитель ВПМ-101 (для согласования высокоомного сопротивления капсуля с входным сопротивлением измерительного прибора);
- 3) усилитель;
- 4) октавный фильтр;
- 5) устройство индикации;
- 6) преобразователь напряжения;
- 7) источник питания (или батареи).

Устройство и принцип работы преобразователя ДН-3-М1 делает его пригодным для снятия спектров вибрации в точке измерения вибрирующей поверхности.

Результаты исследований

Представленная на рис. 1 схема измерительного комплекса вполне работоспособна, и реализация экспериментов на нем в первом приближении позволяет получить общее представление о вибрационных спектрах и анализировать особенности их обработки.

Результаты исследований, получаемые при обработке вибрационных спектров на сконструированном оборудовании, имеют количественную и качественную интерпретации.

В тестовой задаче измерение вибрации, воздействующей на оператора, проводилось при выполнении простейшей технологической операции – сверление отверстия электродрелью в режиме дробления. Вибропреобразователь устанавливался в месте контакта работающего с электродрелью.

Для иллюстрации на рис. 2 представлен спектр вибрации, излучаемой электродрелью «Skill» в режиме дробления, сигнал которой снят через цифровой осциллограф. На рис. 3 продемонстрирован амплитудно-временной спектр вибрации электродрели на октавной полосе со среднегеометрической частотой 16 Гц, возбуждаемый работающей электродрелью в точке контакте рукоятки с ладонью без использования виброзащитной подкладки.

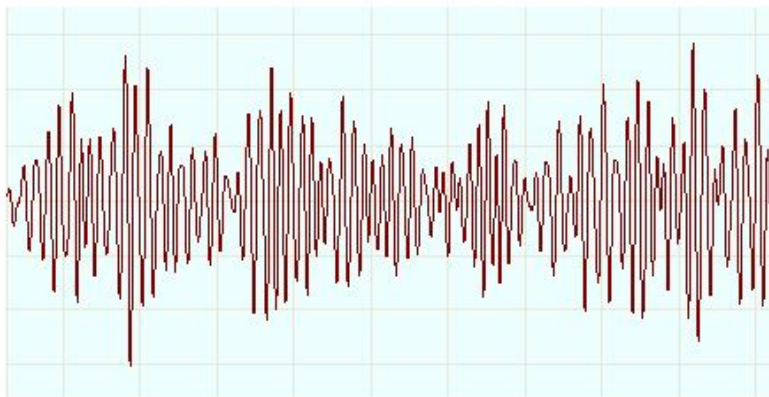


Рис. 2. Вибрационный спектр на рукоятке электродрели «Skill»

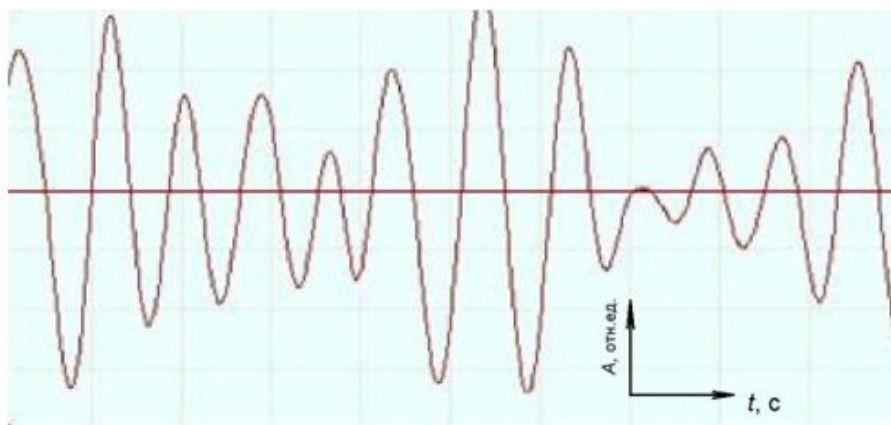


Рис. 3. Спектр вибрации электродрели «Skill» на октавной полосе со среднегеометрической частотой 16 Гц

Исследования вибрации, возникающей в месте контакта руки оператора с инструментом в процессе дробления, показывают, что их амплитуды при работе в СИЗ рук с виброзащитной подкладкой снижаются, при этом уровень виброскорости, передаваемый на обрабатываемую деталь, не изменяется. Способность перчаток ослаблять вибрацию в реальных условиях их применения на рабочем месте может отличаться от наблюдаемой в лабораторных испытаниях. Средства защиты рук изготавливают из различных конструкций с защитными прокладками, усилительными накладками и подкладками различной формы, и местом расположения. Защитные прокладки выполняются из упругодемпфирующих материалов, в том числе запатентованных, например, вибропоглощающий вкладыш Airgel ®.

Спектры вибрации могут быть обработаны с помощью программного обеспечения осциллографа АСК-3106. По ним можно судить о снижении интенсивности вибрации в целом в результате применения виброгасящего материала и о величине данного снижения. Графики строятся в специфических координатах «интенсивность – время». Однако для более продвинутых техник обработки сигналов можно использовать различное программное обеспечение, например Matlab или открытое программное обеспечение Scilab-5.1.

Таким образом, в результате сравнения подобных спектров, полученных от различных виброгасящих материалов, можно сравнивать эти материалы по эффективности подавления вибрации, передающейся на руки. Такие исследования должны соответствовать положениям ГОСТ ISO 10819-2017 «Метод измерений и оценки передаточной функции перчаток в области ладони».

Выполненные тестовые исследования уровня виброскорости без использования виброизолирующего материала (или перчаток) сведены в таблицу. Количество испытаний – шесть. Корректированное значение уровня виброскорости, дБ, вычислялось по формуле:

$$L_U = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{ui} + L_{ki})},$$

где L_{ui} – среднее квадратическое значение уровня виброскорости в i -ой частотной полосе; n – число октавных полос; L_{ki} – весовые коэффициенты для i -ой частотной полосы для полосы 8 Гц: -6, для остальных - 0.

Основная погрешность при измерении виброскорости в рабочем диапазоне амплитуд и частот не превышает значения в $\pm 10\%$ [15].

Таблица 1

Результаты замеров уровней виброскорости на рукояти электродрели в контакте с рукой, с использованием перчатки без подкладки

№ испы тания	объединенная ячейка								Корректированное значение уровня виброскорости, дБ
	8	16	31,5	63	125	250	500	1000	
1	98	89	88	87	80	73	72	70	95,6
2	97	88	89	84	84	74	72	68	95,1
3	99	90	84	86	83	81	73	72	96,0
4	97	90	88	87	82	78	75	69	95,6
5	94	85	85	83	85	80	77	71	92,9
6	98	88	87	86	86	83	79	70	95,8

Заключение

Выполненные исследования на предмет подходов к оценке эффективности средств индивидуальной защиты или материалов от вибрации показали, что данное направление имеет хороший научный потенциал как с точки зрения обработки спектров, так и оценки собственно свойств антивибрационных материалов.

Профессиональные измерительные системы оценки эффективности средств индивидуальной защиты рук от вибрации используются в лабораториях, выполняющих их сертификацию или на предприятиях-производителях таких средств. Такие исследования соответствуют положениям ГОСТ ISO 10819-2017 «Метод измерений и оценки передаточной функции перчаток в области ладони». Они отличаются высоким уровнем воспроизводимости, точностью обработки виброспектров, однако вопрос стоимости таких систем остается весьма значимым, а информация о технических характеристиках доступна только по запросу. Поэтому в области непрофессиональных (или учебно-исследовательских) работ использование таких систем ограничено. Однако генерация вибрации, последующий захват вибросигнала может быть осуществлен с помощью доступного оборудования, инструмента и вибропреобразователей. За основу в данной работе был взят шумовиброизмерительный прибор 1-го класса точности ВШВ-003М2 и вибропреобразователь ДН-3-М1.

Выполненная техническая реализация измерений с использованием вибропреобразователя и измерительного прибора ВШВ-003-М2 1-го класса точности отличается простотой и эффективностью. Конечно, использование подобного оборудования для решения профессиональных задач ограничено. Однако для понимания принципов оценки, для образовательных и исследовательских целей такой подход может дать надежный старт. Этап получения и обработки вибрационных спектров должен реализовываться в соответствии с принятыми нормами. Тестовая проверка работоспособности технического комплекса в режиме работы выбранного источника вибрации позволила оценить корректированное значение уровня виброскорости, передаваемую на руку оператора. Основная погрешность при измерении виброскорости в рабочем диапазоне амплитуд и частот не превышает значения в $\pm 10\%$.

Список литературы

1. Иванкина, О. П. Исследование вибраций на вибростенде / О. П. Иванкина, А. В. Байдов, И. Тишин // Инновации. Наука. Образование. – 2022. – № 60. – С. 153-157. – EDN OSUOVV.
2. Kowalski, P., & Zając, J. (2022). Tests of selected anti-vibration gloves available on the Polish market. *Vibroengineering PROCEDIA*, 40, 44–49. <https://doi.org/10.21595/vp.2021.22343>
3. McDowell, T. W., Dong, R. G., Welcome, D. E., Xu, X. S., & Warren, C. (2013). Vibration-reducing gloves: transmissibility at the palm of the hand in three orthogonal directions. *Ergonomics*, 56(12), 1823–1840. <https://doi.org/10.1080/00140139.2013.838642>
4. Zając J., Kowalski P., and Rejman M. (2018). Test method for anti-vibration gloves according to the standard EN ISO 10819:2013. *Mechanical Review*, 1(3), pp. 46–50, Mar. 2018, <https://doi.org/10.15199/148.2018.3.5>
5. Dong RG, Xu XS, Welcome DE, McDowell TW. (2021) A Method for Analyzing the Effectiveness of Vibration-Reducing Gloves Based on Vibration Power Absorption. *Vibration*. 2021; 4(1):16-29. <https://doi.org/10.3390/vibration4010002>
6. Сравнительное исследование характеристик эффективности антивибрационных рукавиц и перчаток различных конструкций / В. В. Смирнов, П. Ю. Булдаков, С. Н. Бухаров [и др.] // Ученые записки физического факультета Московского университета. – 2017. – № 5. – С. 1751409. – EDN YPDDAI.
7. Jetzer, T.; Haydon, P.; Reynolds, D.D. Effective intervention with ergonomics, antivibration gloves, and medical surveillance to minimize hand-arm vibration hazards in the workplace. *J. Occup. Environ. Med.* 2003, 45, 1312–1317. <https://doi.org/10.1097/01.jom.0000099981.80004.c9>
8. Патент на полезную модель № 198252 U1 Российская Федерация, МПК F16F 15/02, G01M 7/06. Вибростенд для изучения методов защиты от вибраций : № 2019140380 : заявл. 06.12.2019 : опубл. 26.06.2020 / В. В. Булкин, Р. В. Первушин ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение образования «Владимирский Государственный Университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ). – EDN WWENVA
9. Патент № 2441213 C1 Российская Федерация, МПК G01M 7/06. Вибростенд : № 2010145135/28 : заявл. 08.11.2010 : опубл. 27.01.2012 / В. Ф. Глушков ; заявитель Федеральное государственное унитарное предприятие «Всероссийский научно-исследовательский институт автоматики им. Н.Л. Духова» (ФГУП «ВНИИА»). – EDN ZGGEFV.
10. Wang Naiwen, MO Tianfen. Patent CN217542320 (U) Vibration test tool. 10.04.2022.
11. Fu Hao; Yu Yang; Yang Xiaoning; Wang Zhe; Wu Tingting; Zheng Peng. Patent CN114112260 (A) Method for measuring hand-transmitted vibration of electric tool for space on-orbit maintenance. 03.01.2022.
12. Hewitt, S., Dong, R., McDowell, T., & Welcome, D. (2016). The Efficacy of Anti-vibration Gloves. *Acoustics Australia*, 44(1), 121–127. <https://doi.org/10.1007/s40857-015-0040-5>
13. Md Rezali, K. A., & Griffin, M. J. (2016). Transmission of vibration through gloves: effects of material thickness. *Ergonomics*, 59(8), 1026–1037. <https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1102334>
14. Welcome, D. E., Dong, R. G., Xu, X. S., Warren, C., & McDowell, T. W. (2014). The effects of vibration-reducing gloves on finger vibration. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44(1), 45–59. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2013.10.003>

15. Измеритель шума и вибрации ВШВ-003-М2. Паспорт (технические характеристики) – 70 с.

References

1. Ivankina, O.P. Study of vibration on the vibration tools / O.P. Ivankina, A.V. Baydov, I. Tishin // *Innovation. Science. Education.* – 2022. – No 60. – pp. 153-157. – EDN OSUOVV.
2. Kowalski, P., & Zając, J. (2022). Tests of selected anti-vibration gloves available on the Polish market. *Vibroengineering PROCEDIA*, 40, 44–49. <https://doi.org/10.21595/vp.2021.22343>
3. McDowell, T. W., Dong, R. G., Welcome, D. E., Xu, X. S., & Warren, C. (2013). Vibration-reducing gloves: transmissibility at the palm of the hand in three orthogonal directions. *Ergonomics*, 56(12), 1823–1840. <https://doi.org/10.1080/00140139.2013.838642>
4. Zając J., Kowalski P., and Rejman M. (2018). Test method for anti-vibration gloves according to the standard EN ISO 10819:2013. *Mechanical Review*, 1(3), pp. 46–50, Mar. 2018, <https://doi.org/10.15199/148.2018.3.5>
5. Dong RG, Xu XS, Welcome DE, McDowell TW. (2021) A Method for Analyzing the Effectiveness of Vibration-Reducing Gloves Based on Vibration Power Absorption. *Vibration*. 2021; 4(1):16-29. <https://doi.org/10.3390/vibration4010002>
6. Comparative research of anti-vibration mittens and gloves's efficiency / Smirnov V.V., Buldakov P.Y., Buharov S.N., Viunenکو Y.N., Hlopkov E.A // *Moscow University Physics Bulletin.* – 2017. – № 5. – p. 1751409. – EDN YPDDAI.
7. Jetzer, T.; Haydon, P.; Reynolds, D.D. Effective intervention with ergonomics, antivibration gloves, and medical surveillance to minimize hand-arm vibration hazards in the workplace. *J. Occup. Environ. Med.* 2003, 45, 1312–1317. <https://doi.org/10.1097/01.jom.0000099981.80004.c9>
8. Utility Model No 198252 U1 Russia, MPC F16F 15/02, G01M 7/06. Vibration stand for studying methods of protection against vibrations : No 2019140380 : publ. 26.06.2020 / V.V. Bulkin, P.V. Pervushin; Applicant: Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs. – EDN WWENVA.
9. Patent № 2441213 C1 Russia, MPC G01M 7/06. Vibration stand : № 2010145135/28 : publ. 27.01.2012 / V.F. Glushkov; Applicant: Federal State Unitary Enterprise Dukhov Automatics Research Institute (VNIIA). – EDN ZGGEFV.
10. Wang Naiwen, MO Tianfen. Patent CN217542320 (U) Vibration test tool. 10.04.2022.
11. Fu Hao; Yu Yang; Yang Xiaoning; Wang Zhe; Wu Tingting; Zheng Peng. Patent CN114112260 (A) Method for measuring hand-transmitted vibration of electric tool for space on-orbit maintenance. 03.01.2022.
12. Hewitt, S., Dong, R., McDowell, T., & Welcome, D. (2016). The Efficacy of Anti-vibration Gloves. *Acoustics Australia*, 44(1), 121–127. <https://doi.org/10.1007/s40857-015-0040-5>
13. Md Rezali, K. A., & Griffin, M. J. (2016). Transmission of vibration through gloves: effects of material thickness. *Ergonomics*, 59(8), 1026–1037. <https://doi.org/10.1080/00140139.2015.1102334>
14. Welcome, D. E., Dong, R. G., Xu, X. S., Warren, C., & McDowell, T. W. (2014). The effects of vibration-reducing gloves on finger vibration. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44(1), 45–59. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2013.10.003>
15. Noise and Vibration Meter VShV-003-M2. Technical certificate – 70 p.