

Управление защитными свойствами комбинированных вибропоглощающих элементов антивибрационных рукавиц

Ю.Н. Вьюненко^{1,a} С.И. Муравьев^{2,b} М.Ю. Литвинов^{3,c} В.В. Смирнов^{4,d}
А.И.Сятковский^{5,e} Е.А. Хлопков^{1,6,f}

¹ ООО «ОПТИМИКСТ ЛТД». Россия, 195426, Санкт-Петербург, ул. Передовиков, д. 9.

² ОАО «НПО ЦКТИ». Россия, 191167, Санкт-Петербург, ул. Атаманская, д. 3/6.

³ ООО «СУРЭЛ». Россия, 190020, Санкт-Петербург, ул. Бумажная, д. 17.

⁴ Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья. Россия, 191036, Санкт-Петербург, 2-я Советская ул., д. 4.

⁵ ОАО «Пластполимер». Россия, 195197, Санкт-Петербург, Полюстровский пр., д. 32.

⁶ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Россия, 195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29.

E-mail: ^a6840817@mail.ru, ^bot@ckti.ru, ^cs7s27@mail.ru, ^dvvsmirnov00042@rambler.ru,
^esyatkowsky@yandex.ru, ^fhlopkovelisey@mail.ru

Статья поступила _____, подписана в печать _____

Разнообразие спектральных характеристик вибраций, воздействующих на рабочих в многочисленных технологических процессах, делает необходимым оптимальный подбор средств индивидуальной защиты (СИЗ). Его задача – обеспечение максимального уровня защиты на рабочем месте. Это может быть реализовано за счет выбора из существующего множества конструкций СИЗ наилучших образцов для каждой конкретной технологической операции. Несколько иным путем позволяет решить данную проблему предварительное определение вибрационного спектра на рабочем месте и изготовление адаптированных под определенные технологические условия антивибрационных элементов. Этот результат достигается изменением геометрических параметров деталей и физических характеристик материалов вибропоглощающей конструкции. Показана возможность осуществления данной идеи в модернизации серийной конструкции.

Результаты экспериментов продемонстрировали значительное влияние уровня силового взаимодействия инструмента с обрабатываемым объектом на антивибрационные свойства рукавиц. Взаимозависимость характеристик эффективности защитных свойств и силового фактора может быть немонотонной в октавных полосах частотного спектра.
Ключевые слова: антивибрационные рукавицы и перчатки, эффективность, СИЗ, силовое взаимодействие, ручной инструмент.

УДК: 614.896.2, 614.8.086.2.

PACS: 62.30.+d.

Введение

Многообразие конструкций антивибрационных рукавиц и перчаток обусловлено рядом причин. Главными, с технической точки зрения, являются особенности технологических операций, в которых работник подвержен вибрационному воздействию, и разнообразие спектральных характеристик вибраций, сопутствующих технологическим процессам. На рис. 1 приведены октавные спектры некоторых образцов ручного инструмента. Представленные данные показывают, что превышение допустимых уровней виброскорости возможно на низких частотах как у пневматического гайковерта ИПЗ 128 (кривая 1) или на высоких частотах, как у электрической шлифовальной машины ЭШМ 1.1 (кривая 2). У отбойного молотка МО 10 превышение нормативных параметров зафиксировано во всех октавных полосах (кривая 3). Поэтому в разработке средств индивидуальной защиты (СИЗ) идет поиск, как правило, универсальных решений, позволяющих применять антивибрационные рукавицы или перчатки в любых производственных условиях с различными вибрационными характеристиками.

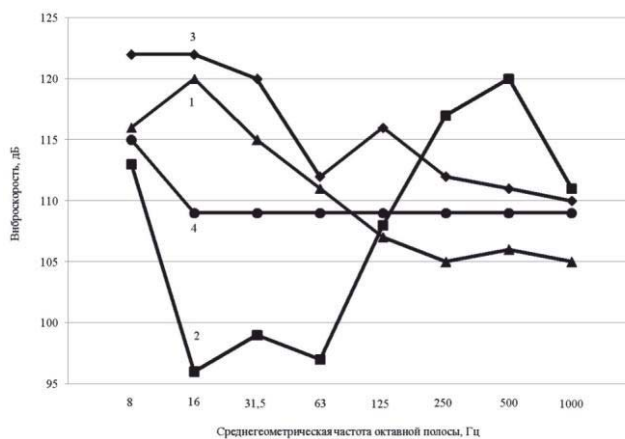


Рис. 1. Характеристики вибрации ручных машин: 1 – пневматический гайковерт ИПЗ 128, 2 – электрическая шлифовальная машина ЭШМ 1.1, 3 – отбойный молоток МО 10

Основные типы антивибрационных конструкций и применяемых в них материалов приведены в статье [1]. В данной работе показана возможность варьирования свойств СИЗ рук за счет изменения геометрии упругих элементов и физических характеристик материалов, используемых в изготовлении этих пружинящих деталей. Исследование

влияния перечисленных факторов на эффективность защитных свойств СИЗ проводили на рукавицах «Турбо Онега». Для этого использовали методику, изложенную в работе [2]. Проведено сравнение антивибрационных свойств рукавиц в штатном исполнении, когда упругие амортизаторы представляют собой диски диаметром 15 мм и высотой 6 мм из пенополиэтилена (рис. 2, а) с двумя экспериментальными конструкциями антивибрационных вкладышей. В первом случае изменили геометрию упругих элементов. Их изготовили из пенополиэтилена. Высота и диаметр цилиндра были равны 15 мм. Упругий элемент получали разрезанием цилиндра по диаметру, перпендикулярно плоскости основания. Схематически конструкция экспериментального антивибрационного вкладыша приведена на рис. 2, б. Во второй экспериментальной конструкции рукавицы «Турбо Онега» упругие детали были изготовлены из пенополиуретана. Их размеры соответствовали размерам аналогичных деталей серийного варианта рукавиц (рис. 2, а). Плотность пенополиэтилена равна 0.029 г/см^3 . Модуль Юнга в испытаниях материала на сжатие оказался равным 0.16 МПа. У пенополиуретана плотность равна 0.23 г/см^3 , а модуль Юнга – 0.31 МПа. Боковая цилиндрическая поверхность упругих элементов в рукавице находится на внешней стороне вкладыша относительно ладони. Измерения эффективности трех конструкций антивибрационных СИЗ проводили в условиях силового взаимодействия с источником вибраций в 50 Н (рис. 3, а), 100 Н (рис. 3, б) и 200 Н (рис. 3, в).

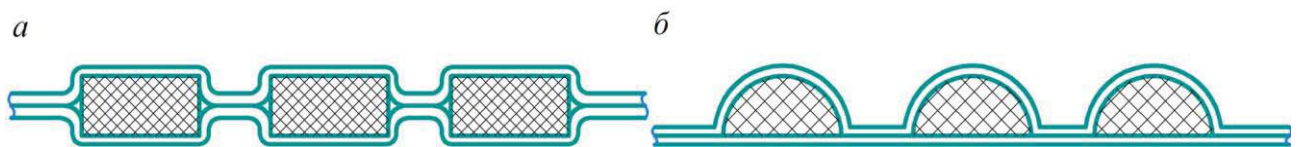


Рис. 2. Схема конструкции антивибрационного элемента рукавиц с упругими элементами в виде: а – дисков диаметром 15 мм и высотой 6 мм, б – полуцилиндров с основанием 15*15 мм и высотой 7.5 мм

Результаты и обсуждение

При минимальном силовом контакте в 50 Н наилучшие защитные свойства в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 8 Гц, 16 Гц и 31.5 Гц отмечены у антивибрационного вкладыша с упругими элементами в форме полуцилиндров. В октавных полосах с характеристическими частотами от 63 Гц до 500 Гц наилучшие показатели защиты зафиксированы у серийного антивибрационного вкладыша с пенополиэтиленовыми амортизирующими дисками. Преимущество СИЗ с пенополиуретановыми дисками отмечено лишь в октавной полосе со

среднегеометрической килогерцевой частотой. При этом в низкочастотном диапазоне до 63 Гц эффективность защитных свойств рукавиц оказалась минимальной (рис. 3, а). А при силовом взаимодействии с источником вибраций в 100 Н защитные свойства данной конструкции в указанном диапазоне значительно возрастают. А в октавных полосах с характеристическими частотами от 31.5 Гц до 125 Гц эффективность СИЗ становится лучшей. У рукавиц с амортизаторами в форме полуцилиндров наилучшая эффективность защитных свойств отмечена только в октавной полосе со среднегеометрической частотой в 1000 Гц. В остальных частотных диапазонах максимальные уровни защиты характерны для серийно выпускаемых изделий. Полученные результаты показали соответствие защитных свойств исследуемых рукавиц типу 2а (рис. 3, а) и типу 2б (рис. 3, в). При силовой нагрузке на рукавицы в 200 Н наилучшие показатели эффективности почти во всех октавных полосах отмечены для конструкции с упругими амортизаторами в виде полуцилиндров. Лишь на низких частотах преимущество остается за серийно выпускаемой рукавицей. А в октавной полосе с среднегеометрической частотой в 500 Гц защитные свойства трех конструкций оказались очень близкими.

Анализ полученных результатов показывает, что при малых нагрузках на рукавицы предпочтительно выглядит серийно выпускаемый вариант изделия. Эффективность защиты в октавных полосах либо максимальная, либо мало уступает наилучшим показателям. Исключение составляет высокочастотная октавная полоса. Однако из приведенных данных по спектральным характеристикам виброскорости, измеренным на ручном инструменте, видно, что в высокочастотном диапазоне превышение нормативных параметров минимально. Поэтому использование серийного варианта рукавиц «Турбо Онега» позволит опустить уровень вибрационного воздействия на руки оператора ниже предельно допустимого показателя в 109 дБ в октавной полосе.

При силовом взаимодействии с инструментом в 100 Н выбор между серийным вариантом рукавиц и экспериментальной конструкцией с полиуретановыми упругими дисками должен зависеть от частотных характеристик вибраций. В зависимости от спектра интегральная эффективность защиты может быть выше либо в серийном исполнении рукавиц, либо в экспериментальном варианте.

При максимальной нагрузке, как видно из графиков на рис. 3, в, наилучшие показатели у экспериментального варианта с упругими элементами в виде полуцилиндров. Но отставание защитных показателей у типовой конструкции рукавиц незначительно. Важно отметить и ее преимущество на низких частотах. Поэтому в случае работы с

гайковертом ИПЗ 128 использование серийно выпускаемой рукавицы может быть более предпочтительно по эффективности защиты.

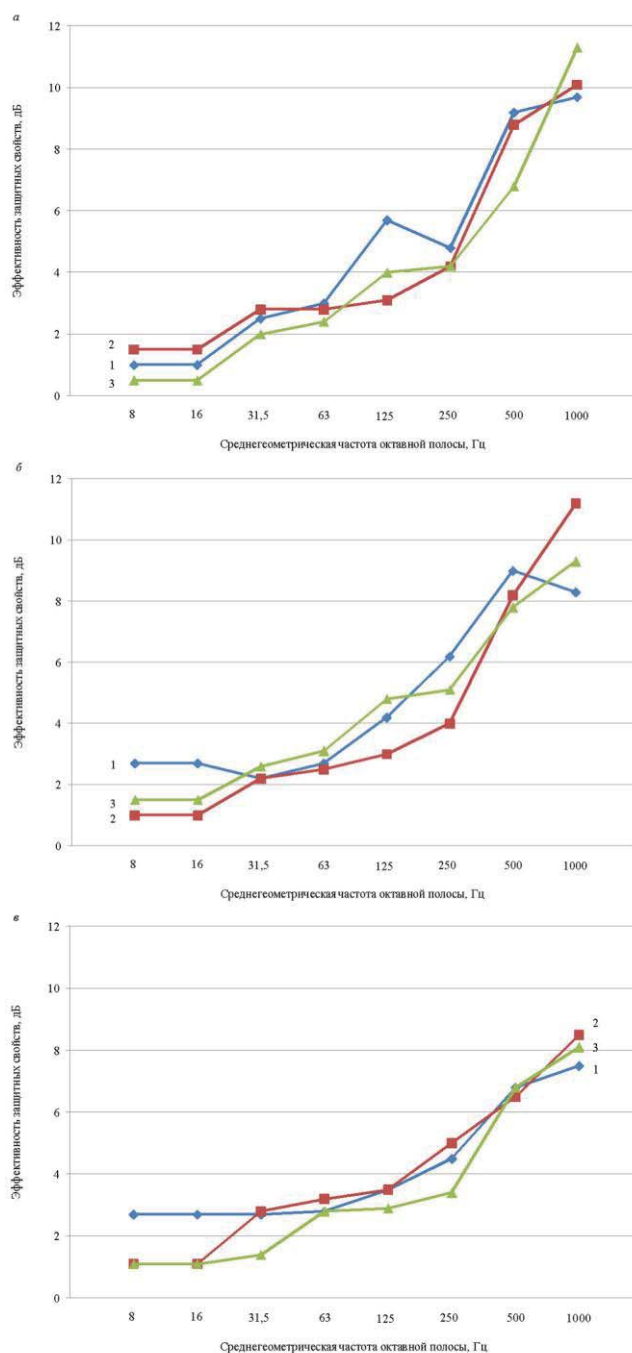


Рис. 3. Зависимость показателей эффективности рукавиц с конструкцией antivибрационного элемента из стандартного (1), полуцилиндрического (2), пенополиуретанового (3) материала при силе нажатия: *а* — 50 Н; *б* — 100 Н; *в* — 200 Н

Необходимо отметить, что оператор, выбирая уровень силового воздействия на инструмент, может изменять свойства СИЗ. На рис. 4 видно, что в октавной полосе с

характеристической частотой 250 Гц экспериментальная антивибрационная конструкция с полуцилиндрами наиболее эффективна при нагрузке в 200 Н (кривая 1). А серийно выпускаемый вариант в данном частотном интервале наилучший при силовом взаимодействии в 100 Н (кривая 2). При этой же нагрузке максимальную эффективность защитных свойств в октавной полосе со среднегеометрической частотой в 63 Гц наблюдаем у рукавиц с пенополиуретановыми дисками (кривая 3).

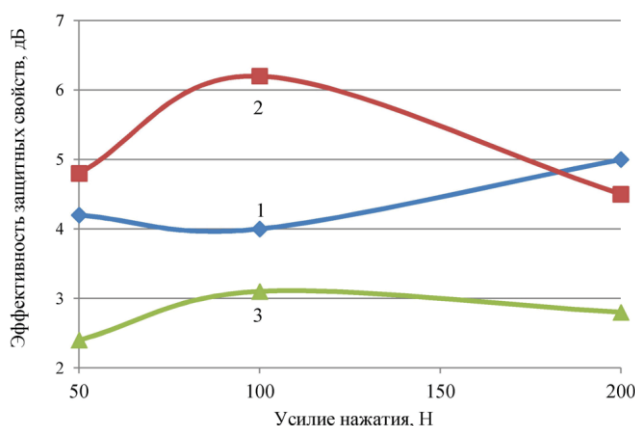


Рис. 4. Зависимость показателей эффективности рукавиц от усилия нажатия с конструкциями антивибрационного элемента из стандартного диска при частоте 250 Гц (1), полуцилиндрической упругой детали при частоте 250 Гц (2), пенополиуретанового материала при частоте 63 Гц (3)

Заключение

Из приведенных результатов следует, что антивибрационные характеристики СИЗ определяются тремя факторами: выбором материалов, конструкцией антивибрационных элементов и силовыми параметрами режимов технологического процесса. Первые два фактора хорошо проиллюстрированы сведениями, приведенными в [1]. Однако, как правило, смена материалов СИЗ сильно изменяет и конструкцию. В настоящей работе показано, что заметные изменения защитных свойств рукавиц и перчаток могут быть достигнуты за счет относительно небольших изменений геометрической формы упругих деталей, практически не меняющих массу и габаритные параметры рукавиц.

Немонотонная зависимость эффективности защитных свойств исследованных рукавиц от нагрузки в различных октавных полосах показывает на целесообразность определения наиболее эффективных режимов их эксплуатации в технологических процессах.

Список литературы

1. Хлопков Е.А., Смирнов В.В., Сятковский А.И. // Защита от повышенного шума и вибрации: сборник докладов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. 2019. С. 673-679.
2. Бутковская З.М., Смирнов В.В. // Медицина труда и промышленная экология. 1999. № 5. С. 34-36.

The control of protective properties of the combined vibration-absorbing elements of anti-vibration mittens

Yu.N. Vyunenko^{1,a}, S.I. Muraviev^{2,b}, M.Yu. Litvinov^{3,c}, V.V. Smirnov^{4,d},
A.I. Syatkowsky^{5,e}, E.A. Khlopkov^{1,6,f}

¹ ООО «OPTIMIKST LTD». Saint Petersburg 195426, Russia.

² NPO CKTI JSC. Saint Petersburg 191167, Russia.

³ SUREL. Saint Petersburg 190020, Russia.

⁴ Northwest scientific center of hygiene and public health. Saint Petersburg 191036, Russia.

⁵ ОАО «Пластполимер». Saint Petersburg 195197, Russia.

⁶ Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Saint Petersburg 195251, Russia.

E-mail: ^a6840817@mail.ru, ^bot@cti.ru, ^cs7s27@mail.ru, ^dvvsmirnov00042@rambler.ru,

^esyatkowsky@yandex.ru, ^fhlopkovelisey@mail.ru

The variety of spectral characteristics of workplace vibrations affecting workers in numerous technological processes necessitates an optimal selection of personal protective equipment (PPE). His mission is to provide the maximum level of protection in the workplace. This can be realized by choosing from the existing set of PPE designs the best samples for each specific technological operation. In a slightly different way, this problem can be solved by preliminary determination of the vibration spectrum at the workplace and the manufacture of anti-vibration elements adapted to specific technological conditions. This result is achieved by changing the geometrical parameters of the parts and the physical characteristics of the materials of the vibration-absorbing structure. The possibility of implementing this idea in the modernization of the serial design is shown.

The results of the experiments demonstrated a significant effect of the level of force interaction of the tool with the workpiece on the anti-vibration properties of mittens. The interdependence of the characteristics of the protective properties effectiveness and the force factor can be nonmonotonic in the octave bands of the frequency spectrum.

Keywords: anti-vibration mittens and gloves, effectiveness, PPE, force interaction, hand tools.

PACS: 62.30.+d.

Received 2019.

Сведения об авторах

1. Вьюненко Юрий Николаевич – кандидат физико-математических наук, директор по НИОКР; тел.: (911) 249-13-11, e-mail: 6840817@mail.ru.
2. Муравьев Сергей Иванович – заместитель главного инженера по охране труда и промышленной безопасности ОАО «НПО ЦКТИ»; тел.: (911) 261-30-34, e-mail: ot@ckti.ru.
3. Литвинов Михаил Юрьевич – научный сотрудник; тел.: (950) 026-22-92, e-mail: s7s27@mail.ru.
4. Смирнов Владимир Васильевич – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник; тел.: (905) 263-42-64, e-mail: vvsmirnov00042@rambler.ru.
5. Сятковский Александр Иорданович – кандидат химических наук, директор по науке; тел.: (921) 959-00-66, e-mail: syatkowsky@yandex.ru.
6. Хлопков Елисей Алексеевич – аспирант; тел.: (911) 767-53-34, e-mail: hlopkovelisey@mail.ru.

назад к Содержанию секции