

Е.А. Хлопков^{1,2,a}, В.В. Смирнов^{3,b}, С.И. Муравьев^{4,c}, Ю.Н. Вьюненко^{1,d}

¹ООО «ОПТИМИКСТ ЛТД». Россия

²Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Россия

³Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья. Россия

⁴ОАО «НПО ЦКТИ». Россия

E-mail: ^ahlopkov@mail.ru, ^bvvsmirnov00042@rambler.ru, ^cot@ckti.ru, ^d6840817@mail.ru

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ РУК ОТ ВИБРАЦИИ

Измерена антивибрационная эффективность средств индивидуальной защиты (СИЗ) рук различных конструкций. Проведена оценка их применимости в некоторых технологических операциях металлообработки, машиностроения, сельского хозяйства. Показано влияние выбора материала и геометрических параметров элементов конструкций на уровень защитных свойств в октавных полосах частотного спектра. Предложена классификация СИЗ по структуре защитных элементов конструкций (дискретные, сплошные, комбинированные). Проверена стабильность эффективности антивибрационных свойств некоторых перчаток и рукавиц во времени.

Ключевые слова: антивибрационные рукавицы и перчатки, эффективность, СИЗ, технологический процесс, ручной инструмент.

Развитие современной техники предполагает, в первую очередь, повышение производительности тех технологических процессов, для которых создаются новые машины. Как правило, это достигается повышением скоростных характеристик разрабатываемых конструкций. Следствием такой тенденции является актуальность вибрационной проблемы. Уровни вибрационного воздействия на руки операторов ручного инструмента, специалистов по ручной обработке деталей редко удается снизить за счет технических решений или применения новых материалов. Основная вибрация генерируется в процессе взаимодействия инструмента и обрабатываемого объекта. При этом необходимо принимать во внимание растущие прочностные характеристики материалов, из которых изготавливаются детали современных механизмов. Поэтому необходимость в специальных антивибрационных рукавицах и перчатках не исчезает. Наряду с традиционными отраслями использования средств индивидуальной защиты от вибраций такими, как металлургия и металлообработка, строительство и горнодобывающая промышленность, сферой применения антивибрационных средств становится уход за лесопарковым хозяйством и сельскохозяйственными угодьями.

Целью данной работы является сравнительное представление различных вариантов СИЗ. Приведены данные об эффективности их защитных свойств в различных октавных полосах. Показано влияние на антивибрационные характеристики особенностей конструкций, применяемых материалов, условий использования СИЗ.

Исходя из технологических возможностей изготовления антивибрационных средств защиты рук, работа по их разработке ведется в нескольких направлениях. Для упрощения технологического процесса производства СИЗ ведется поиск материалов, вязкоупругие свойства которых позволяют демпфировать вибрации инструмента в руках операторов. При этом материал должен быть сжимаемым и достаточно гибким для обеспечения эргономичности средств защиты. Поэтому часто в качестве антивибрационного элемента использовался поролон толщиной 8–10 мм (рис. 1, а). Защитный элемент целиком вырезался из листового материала и вшивался в рукавицу, обеспечивая низкую себестоимость

изделия. Однако обладая открытой пористостью такой защитный элемент под нагрузкой теряет свои диссипативные свойства. Но при этом его присутствие даже в таком состоянии обеспечивает во время работы разогрев рук операторов. Это приводит в определенных временных интервалах к снижению негативного воздействия вибрации на организм человека.

В девяностые годы XX века в качестве альтернативы поролоновым СИЗ стали разрабатываться гелевые защитные элементы. Особенности изготовления этих материалов позволили использовать их в конструкции антивибрационных перчаток ВиброГард (фирма Ansell) и Вибростат (фирма «ХК «Зеленый Берег XXI»). Закрытая пористость в защитных элементах позволила существенно повысить эффективность антивибрационных свойств. Но, первоначально, при значительных нагрузках материал выдавливался из зоны контакта с инструментом (рис. 1, *з*). Несколько позднее эта проблема была решена. Конструкция защитных гелевых элементов изменилась. Стала переменной толщина защитного слоя. Новые конструкции антивибрационных элементов ограничили возможности выдавливания вибродемпфирующего материала из зоны контакта руки и инструмента во время работы.

В определенной степени эти конструкции стали напоминать защитные элементы дискретного типа. Наиболее распространенными из этой категории защитных средств являются рукавицы с вшитыми в ладонь резиновыми трубками (рис. 1, *б*). Антивибрационные свойства этой конструкции оказались выше соответствующих характеристик поролоновых СИЗ в высокочастотной части спектра (табл. 1). Поэтому эти рукавицы используются до сих пор на некоторых предприятиях. Однако в последнее десятилетие на машиностроительных заводах стали использовать рукавицы Вибротон. Вместо трубок защитные свойства этой конструкции обеспечивают вставки из пористого упругого материала в виде стержней

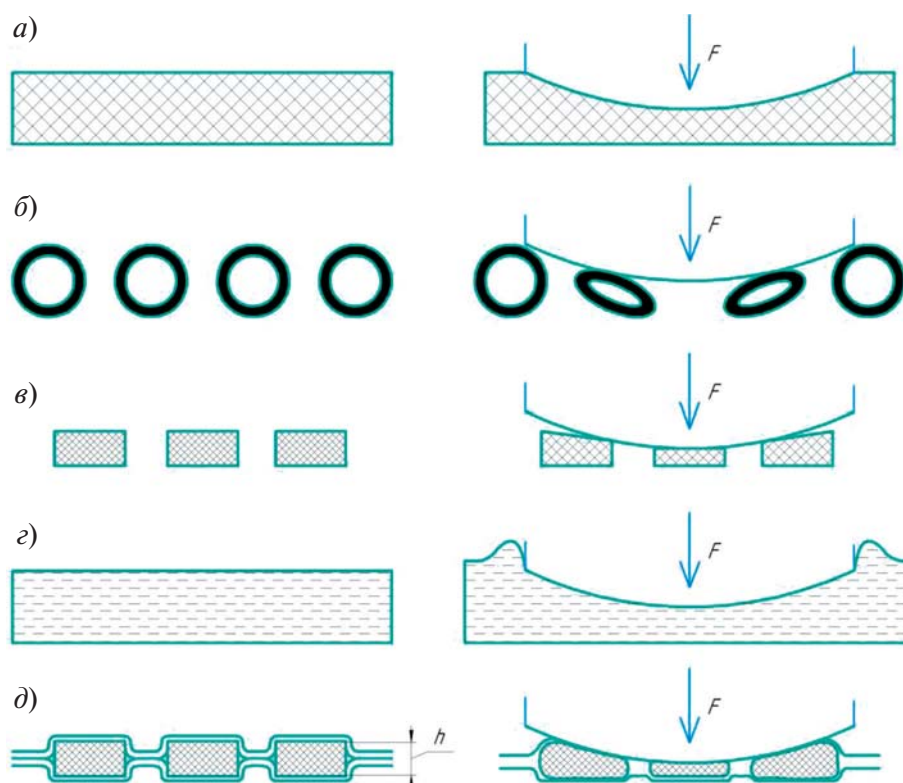


Рис. 1. Схема поведения упругодемпфирующих виброзащитных элементов при нагружении: *a* — с открытой пористостью; *б* — трубчатой формы; *в* — с открытой пористостью и повышенной плотностью; *г* — с гелевой основой; *д* — из комбинации слоев вязких и упругих материалов

Таблица 1. Эффективность защитных свойств антивибрационных рукавиц различных конструкций при усилии нажатия 100 Н

Объект	Защитный элемент	Эффективность защитных свойств, дБ в октавных полосах частот, Гц						
		8;16	31.5	63	125	250	500	1000
ГОСТ 12.4.002–97 Тип 2а	До 8 мм	1.0	2.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Рукавицы								
Республика Беларусь	Поролон	1.0	2.0	2.0	3.0	5.0	6.0	8.0
Вибротон ИЧП Геворкяна	Резиновая вставка / пористый материал	1.0	2.0	2.0	4.0	8.0	9.0	9.0
Восток-Сервис – Спецкомплект	Трубчатый	1.0	2.0	2.0	4.0	5.0	8.0	10.0
Турбо Онега ООО «ОПТИМИКСТ ЛТД»	Комб-ЮВ	1.0	2.0	3.0	5.0	8.0	10.0	11.0
Турбо Сибирь ООО «ОПТИМИКСТ ЛТД»	Комб-ЮВ	1.0	2.0	3.0	4.0	7.0	10.0	12.0
Турбо Классик ООО «ОПТИМИКСТ ЛТД»	Комб-ЮВ	1.1	2.3	2.8	4.6	6.2	9.3	10.2
Турбо Донбасс ООО «ОПТИМИКСТ ЛТД»	Комб-ЮВ	1.0	3.0	4.0	6.0	8.0	11.0	12.0

с прямоугольным сечением (рис. 1, в). Немного уступая по эффективности защиты в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц трубчатым рукавицам, Вибротон заметно превосходит конкурента в полосе со среднегеометрической частотой 250 Гц.

Аналогичные конструкции с защитными элементами дискретного типа имеются и у перчаток. К ним можно отнести изделия X–MARINA и TEGERA EJENDALS. Однако только у первой конструкции имеется преимущество над рукавицами в октавной полосе со среднегеометрической частотой 1000 Гц (табл. 2). В других октавных полосах защитные свойства этих перчаток в лучшем случае не уступают характеристикам Вибротона и трубчатых рукавиц.

Таблица 2. Эффективность защитных свойств антивибрационных перчаток различных конструкций при усилии нажатия 100 Н

Объект	Защитный элемент	Эффективность защитных свойств, дБ в октавных полосах частот, Гц						
		8;16	31,5	63	125	250	500	1000
ГОСТ 12.4.002–97 Тип 2а	До 8 мм	1.0	2.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0
Перчатки								
X–MARINA S-Gloves	Пенополиэтиленовый	1.0	1.8	2.0	4.0	4.5	5.8	13.6
TEGERA EJENDALS	Пенополиэтиленовый	1.0	2.0	2.0	3.0	5.0	8.0	9.0
ВибраГард Ansell	Gelform	1.2	2.0	2.1	4.0	4.5	7.5	9.1
НТОТ АМИД ООО «ОПТИМИКСТ ЛТД»	Комб-ЮВ	1.2	2.1	2.3	4.1	5.1	6.8	7.8
НТОТ 3 ООО «ОПТИМИКСТ ЛТД»	Комб-ЮВ	1.0	2.0	3.0	5.0	6.0	9.0	10.0
НТОТ Лорд ООО «ОПТИМИКСТ ЛТД»	Комб-ЮВ	1.0	2.0	3.0	6.0	7.0	8.0	11.0
Вибростат-03 Ампаро ООО «ХК «Зеленый Берег XXI»	Airgel	1.0	2.0	3.0	5.0	7.0	10.0	12.0

В целях повышения антивибрационных свойств СИЗ были разработаны конструкции рукавиц и перчаток с защитными элементами комбинированного типа (схематически представлены на рис. 1, д. В этих изделиях используется сочетание упругих и вязких материалов. Следствием этого стало небольшое повышение защитных свойств некоторых моделей в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31.5 Гц и 63 Гц, что является сложной технической задачей (таблицы 1 и 2). Кроме этого разработанная технология изготовления рукавиц и перчаток комбинированного типа позволила варьировать конструкции, адаптируя их под конкретные технологические условия эксплуатации и индивидуальность рабочих режимов операторов. Об этом в определенной степени говорят данные, приведенные в таблице 3. Были измерены защитные характеристики рукавиц Турбо Онега, в которых использовали в качестве упругого материала изонел в виде дисков и полуцилиндров и пенополиуретан в виде дисков. Плотность изонела равна 0.029 г/см^3 , плотность пенополиуретана — 0.23 г/см^3 . Модуль Юнга изонела равен 0.16 МПа, а пенополиуретана — 0.31 МПа. Диски представляют собой цилиндры высотой 6 мм и диаметром 15 мм. Высота полуцилиндров равна 15 мм. В основании геометрической фигуры полукруг диаметром 15 мм. Полуцилиндр, размещенный в конструкции антивибрационного элемента, был обращен выпуклой стороной к рукоятке инструмента. Таким образом, упругие амортизаторы имели переменное сечение по высоте. В трех антивибрационных конструкциях диски и полуцилиндры использовали отдельно, размещая их равномерно между двух сэндвичей с вязкой вибропоглощающей пленкой. В четвертом варианте амортизаторы: полуцилиндры и диски были расположены в шахматном порядке. Измерение эффективности СИЗ были проведены по методике, предложенной в [1].

Из приведенных в табл. 3 данных видно, что для каждого варианта конструкций существуют условия, когда эта модель показывает лучшие защитные свойства. Во внимание принимались изменение частотных характеристик и уровня силового воздействия на СИЗ.

Обращает на себя внимание немонотонная зависимость эффективности СИЗ от приложенных усилий. Практически во всех октавных полосах уровень защитных свойств рукавиц с амортизаторами в виде полуцилиндров из изонела при силовом режиме в 100 Н уступает соответствующим показателям и при силовой нагрузке на работника в 50 Н, и при ее повышении до 200 Н. А у антивибрационных рукавиц с пенополиуретановыми дисками

Таблица 3. Эффективность защитных свойств антивибрационных рукавиц Турбо Онега с различными конструкциями вкладыша

Тип элемента	F, Н	Эффективность защитных свойств, дБ в октавных полосах частот, Гц						
		8;16	31.5	63	125	250	500	1000
Изонел 6 мм — диск	50	1.0	2.5	3	5.7	4.8	9.2	9.7
	100	2.7	2.2	2.7	4.2	6.2	9.0	8.3
	200	2.7	2.7	2.8	3.5	4.5	6.8	7.5
Изонел — полуцилиндр	50	1.5	2.8	2.8	3.1	4.2	8.8	10.1
	100	1.0	2.2	2.5	3.0	4.0	8.2	11.2
	200	1.1	2.8	3.2	3.5	5.0	6.5	8.5
Шахматный порядок	50	1.1	2.4	2.5	3.5	5.1	9.2	10.3
	100	1.2	2.4	2.8	3.6	4.4	7.0	9.8
	200	0.5	1.2	2.3	2.4	4.0	7.0	7.5
Пенополиуретановый диск	50	0.5	2.0	2.4	4.0	4.2	6.8	11.3
	100	1.5	2.6	3.1	4.8	5.1	7.8	10.3
	200	1.1	1.4	2.8	2.9	3.4	6.8	8.1

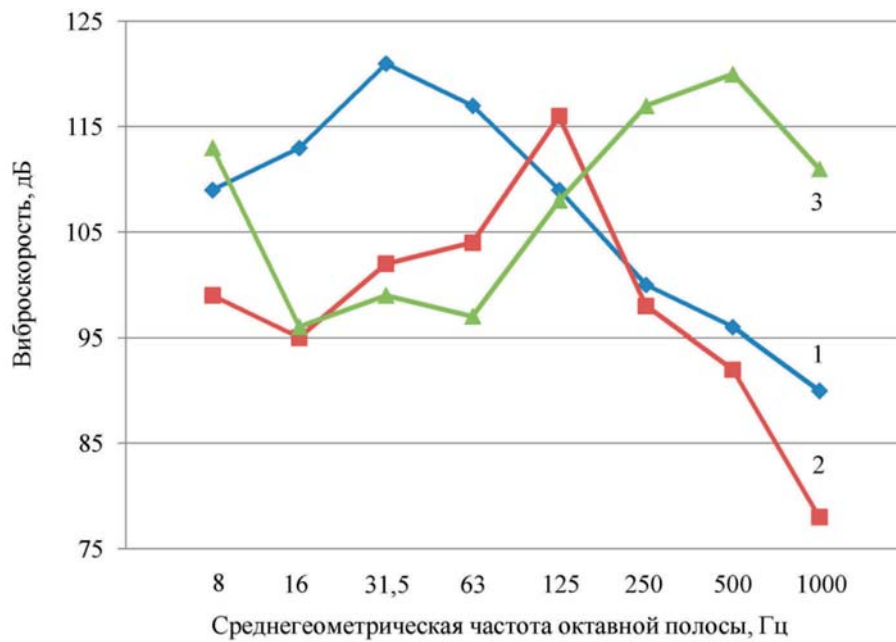


Рис. 2. Характеристики вибрации ручного инструмента:
 1 — рубильный молоток P15, 2 — триммер Husqvarna 525,
 3 — электрошлифовальная машина ЭШМ 1.1

почти во всех октавных полосах наилучшие показатели эффективности защиты получены при силовом взаимодействии в 100 Н. Аналогичные результаты наблюдали и во многих октавных полосах двух других вариантов антивибрационных рукавиц.

Надо отметить стабильность защитных характеристик антивибрационных рукавиц комбинированного типа. После пятилетнего хранения на складе рукавиц модели Тубро Онега были проведены повторные измерения эффективности защитных свойств. Лишь в октавной полосе со среднегеометрической частотой 250 Гц показатель ухудшился на 1 дБ. Во всех остальных частотных диапазонах отклонения от значений первого измерения не превысили величины в ± 0.3 дБ.

На рис. 2 приведены октавные спектры уровней виброскорости L_v (v — среднегеометрическая частота) рубильного молотка P15 с скорректированным уровнем виброскорости $L_{v\text{кор}}$ равным 122 дБ (кривая 1), триммера Husqvarna 525 с $L_{v\text{кор}} = 117$ дБ (кривая 2) и электрошлифовальной машины ЭШМ 1.1 с $L_{v\text{кор}} = 122$ дБ (кривая 3). Максимальные уровни вибрации в октавных полосах отмечены при значениях среднегеометрических частот 31.5 Гц (кривая 1), 125 Гц (кривая 2) и 500 Гц (кривая 3). Расчеты, проведенные по предложенной в [2] методике, показали, что в настоящее время преимущество защитных свойств предлагаемых моделей перчаток (табл. 4) зависят от вибрационного спектра. Если в случае с ЭШМ 1.1 наиболее эффективную защиту обеспечивают перчатки конструкции Вибростат-03, то в работе с триммером лучшие показатели у модели НТОТ Лорд. В работе с рубильным молотком эффективность все вариантов изученных моделей практически одинакова.

Приведенные результаты исследований показывают необходимость использования СИЗ в работе с ручными машинами.

Эффективность СИЗ не всегда достаточна для снижения вибрационного воздействия на человека до допустимых нормативными документами уровней. Данные о вибрационных характеристиках ручных машин и сведения об эффективности защиты позволяют с помощью несложных вычислений делать выбор наилучших антивибрационных перчаток и рукавиц для конкретного рабочего места из множества предлагаемых моделей. Технология

Таблица 4. Виброскорость в определяющей октавной полосе L_v и скорректированный уровень вибраций при использовании перчаток различных конструкций $L_{\text{вкор}}$

№	Конструкция перчатки	P15		Husqvarna		ЭШМ 1.1	
		$L_{31.5}$, дБ	$L_{\text{вкор}}$, дБ	L_{125} , дБ	$L_{\text{вкор}}$, дБ	L_{500} , дБ	$L_{\text{вкор}}$, дБ
0	Свободная рукоятка	121	122	116	117	120	122
1	Вибростат 03	119	121.2	111	112	110	116
2	НТОТ АМИД	119	121.2	112	113	113	118
3	TEGERA	119	121.3	113	114	112	117
4	НТОТ 3	119	121.2	111	112	111	117
5	X-MARINA	119.2	121.4	112	113	114.2	118
6	НТОТ ЛОРД	119	121.2	110	111	112	116
7	ВиброГард	119	121.3	112	113	112.5	118
8	Допустимые уровни	109	112	109	112	109	112

изготовления средств защиты комбинированного типа позволяет за счет изменения конструкции упругих амортизаторов и параметров вязких материалов наиболее оперативно разрабатывать СИЗ высокой эффективности. Анализ полученных сведений показывает, что выбор силового режима использования ручного инструмента может усиливать или ослаблять защитные свойства антивибрационных перчаток и рукавиц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бутковская З.М., Смирнов В.В. // Медицина труда и промышленная экология. 1999. № 5. С. 34–36.
2. Гигиенические требования к ручным инструментам и организации работ: СанПиН 2.2.2.540–96 от 04.07.1996 г.