

УДК 699.842+691.175

В.А. Андронов<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.,  
Ю.М. Данченко<sup>2</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
А.В. Скрипинец<sup>2</sup>, О.М. Бухман<sup>1</sup>

1 – Национальный университет гражданской защиты Украины, г. Харьков, Украина, e-mail: andrnvladimir@rambler.ru  
2 – Харьковский национальный университет строительства и архитектуры, г. Харьков, Украина, e-mail: danchenko-00@mail.ru

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИБРОПОГЛОЩАЮЩЕГО ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ ВИБРАЦИИ

V.A. Andronov<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Tech.), Professor,  
Yu.M., Danchenko<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Tech.), Associate  
Professor,  
A.V. Skripinets<sup>2</sup>, O.M. Bukhman<sup>1</sup>

1 – National University of Civil Protection, Kharkiv, Ukraine, e-mail: andrnvladimir@rambler.ru  
2 – Kharkiv National University of Building and Architecture, Kharkiv, Ukraine, e-mail: danchenko-00@mail.ru

## EFFICIENCY OF UTILIZATION OF VIBRATION-ABSORBING POLIMER COATING FOR REDUCING LOCAL VIBRATION

**Цель.** Исследование эффективности использования вибропоглощающего полимерного покрытия (ВПП) для снижения уровня локальной вибрации на примере пневматического ручного молотка ударного действия ИП 4010.

**Методы.** Исследования уровней локальной вибрации пневматического ручного молотка ИП 4010 проводились на вибростенде с использованием измерителя шума и вибрации ВШВ-003-М2. Уровни локальной вибрации пневматического ручного молотка ударного действия определялись методом спектрального анализа и интегральной оценкой по частоте нормируемых параметров с расчетом скорректированного значения виброскорости и виброускорения.

**Результаты.** В результате проведенных исследований установлено, что в области низких (8–16 Гц) и средних (20–125 Гц) частот значения логарифмических уровней виброскорости и виброускорения для пневматического ручного молотка без виброзащиты превышают допустимые значения на 10–15%. При использовании вибропоглощающего полимерного покрытия в низкочастотной и среднечастотной областях уровни виброскорости и виброускорения снижаются до 25%. Расчетным методом установлено, что вероятность заболевания вибрационной болезнью человека при работе с пневматическим ручным молотком с использованием ВПП снижается на 50–70%. При этом наибольший эффект снижения наблюдается в период продолжительности работы с молотком в течение 10 лет.

**Научная новизна.** Впервые для снижения уровня локальной вибрации пневматического ручного молотка ударного действия используется вибропоглощающее эпоксиуретановое полимерное покрытие. Показана эффективность применения ВПП для снижения уровня локальной вибрации пневматического ручного молотка в области низких и средних частот.

**Практическая значимость.** Установлено, что при использовании ВПП вероятность заболевания вибрационной болезнью человека при работе с пневматическим ручным молотком снижается на 50–70%.

**Ключевые слова:** локальная вибрация, пневматический ручной молоток, вибропоглощающее полимерное покрытие, вибрационная болезнь.

**Введение.** За последние годы состояние условий труда на многих промышленных предприятиях Украины значительно ухудшилось. Одной из основных причин ухудшения условий труда на производ-

стве является допуск к эксплуатации виброопасной техники, применение устаревших технологий, изношенность основных фондов (в отдельных отраслях экономики на 70–80%).

Как следствие существующего положения, происходит рост числа профессиональных заболеваний. Так, если в 1998 г. в стране было зарегистрировано

3745 профзаболеваний, или в относительных показателях – 1,8 на 10 тыс. работников, то в 2008 г. их число возросло до 6700 заболевших (5,21 на 10 тыс. работников).

Анализ показывает, что 55–60% профзаболеваний относятся к заболеваниям органов дыхания, 15–20% – к нарушениям опорно-двигательного аппарата, а 10–15% – вызваны вибрационной болезнью. Самый высокий уровень профессиональных заболеваний, вызванный вибрационной болезнью, наблюдается у работников угольной и горнодобывающей промышленности [1].

**Постановка проблемы.** В горной промышленности воздействие вибрации, передаваемой через руки, возникает при использовании таких ручных силовых инструментов как бурильные, пробоотборные и отбойные молотки [2].

При работе с пневматическим ручным инструментом ударного действия наибольшую опасность для человека представляет действие локальной вибрации в широком частотном диапазоне, передаваемой оператору через руки. Это влияние оказывается наиболее выраженным, если используются ручные инструменты, которые не соответствуют требованиям санитарно-гигиенических норм [3]. Продолжительному воздействию локальной вибрации, источником которой является пневматический ручной инструмент ударного действия, подвергаются рабочие горнорудной промышленности (забойщики, проходчики, горнорабочие очистного забоя, буровики), машиностроительной промышленности (обрушники, клепальщики), строительства (формовщики), лесной промышленности, сельского и коммунального хозяйства [4]. По отчетам число лиц, подвергающихся локальной вибрации, превышает 0,5 млн чел. в Нидерландах, 0,5 млн чел. в Великобритании и 1,5 млн чел. в США [5]. В Украине вибрационная болезнь, вызванная локальной вибрацией, занимает третье по частоте место среди профессиональных заболеваний и следует сразу после пылевой патологии органов дыхания у работников основных отраслей промышленности Донбасса [7]. Связь между характеристиками локальной вибрации и возникновением профессионального заболевания не проста и неоднозначна. Кроме того, развитию вибрационной болезни могут способствовать многие факторы окружающей среды, характеристики инструмента и процесса передачи вибрации, условия воздействия вибрации, а также индивидуальные характеристики рабочего.

Производственная локальная вибрация, передаваемая телу через руки, является фактором, вызывающим сосудистые и периферийные неврологические расстройства, повреждение костей и суставов [6, 7], нарушения метаболизма соединительной ткани, иммунные нарушения, а также вредное воздействие на репродуктивное здоровье рабочего. Развитие патологии зависит от частоты и амплитуды колебаний, продолжительности воздействия, места приложения и направления оси вибрационного воз-

действия, демпфирующих свойств тканей, явлений резонанса. Наиболее вредное воздействие на организм человека оказывают вибрации, частота которых совпадает с собственными колебаниями отдельных частей или органов человека: для всего тела человека резонанс на частоте – 6 Гц, для внутренних органов – 8 Гц, для головы – 20–30 Гц, для центральной нервной системы – 250 Гц.

Известно, что локальная вибрация по частоте делится на три области: низкочастотную – 8–16 Гц, среднечастотную – 31,5–63 Гц и высокочастотную – свыше 125 Гц [8]. При работе пневматические ручные молотки создают вибрации с высокими уровнями виброскорости и виброускорения в области низких и средних частот.

Таким образом, снижение уровня локальной вибрации пневматических ручных молотков ударного действия является актуальной научно-технической задачей.

**Анализ последних исследований.** Снизить уровень локальной вибрации пневматических молотков возможно на конструкционном уровне с помощью изменения форм диаграмм давления в полостях машины путем использования специальных воздухо-распределительных устройств, изменения сечения задней полости, а также изменения сечения каналов, подводящих воздух в полость машины [5]. Однако эти способы уменьшения амплитуды вибрации не позволяют снизить вибрацию молотков, вызванную обратными ударами инструмента.

Использование динамического виброгашения колебаний с помощью присоединения дополнительных устройств к пневматическим ручным машинам усложняет ручной инструмент, увеличивает его массу, затрудняет его эксплуатацию и эффективно только в узкочастотной области, и только в местах крепления.

Снизить вибрационное воздействие ручного молотка на рабочего возможно с помощью упругих рукояток, что уменьшает не только амплитуду вибрации, но и снижает максимальное значение силы отдачи. Однако к основным недостаткам данного способа виброизоляции относится удлинение молотка из-за необходимости размещения упругих элементов между рукояткой и корпусом, увеличение веса ручного инструмента, необходимость отдельного подбора упругих элементов для каждого типоразмера молотка и усложнение конструкции в целом.

В случае, когда не удается снизить вибрацию в источнике ее возникновения, необходимо применять средства индивидуальной защиты и вибродемпфирование.

В качестве средства индивидуальной защиты для рук рабочих от локальной вибрации пневмоинструмента применяются различные виды рукавиц и перчаток с вшитыми в них прокладками из резины или других эластичных материалов. Однако рукавицы способны снизить уровень вибрации только на 2–6 дБ в диапазоне частот от 63 до 1000 Гц. В низкочастотной области средства индивидуальной защиты являются неэффективными.

Вибродемпфирование основано на уменьшении колебаний вибрирующих поверхностей машин путем покрытия их специальными вибропоглощающими материалами с высоким внутренним трением. Вибропоглощающие покрытия и мастики наносят на листовую часть вибрирующей поверхности, и таким образом увеличивается потеря энергии при колебаний демпфирующей системы. Этот способ прост и позволяет снизить уровень локальной вибрации на рабочем в широком температурном и частотном диапазонах.

Существующие способы и методы снижения вибрационного воздействия молотков на организм человека имеют свои положительные и отрицательные стороны, и не всегда являются эффективными.

**Выделение нерешенной ранее части общей проблемы.** В качестве распространенных виброзащитных покрытий используются резиновые материалы, которые обладают достаточной механической прочностью. Однако их вибропоглощающая способность недостаточно высока, а также, из-за сложного технологического процесса получения резины, формирование из нее демпфирующего покрытия затруднено.

В качестве вибропоглощающих материалов используются полиуретановые композиции, обладающие достаточно высокой демпфирующей способностью. Однако использование в них токсических изоцианатов, а также их невысокая химстойкость, водостойкость и высокая стоимость обуславливают их ограниченные возможности применения.

Известно, что эффективность вибропоглощающих полимерных материалов определяется их динамическими вязкоупругими характеристиками: тангенсом угла механических потерь ( $tg\delta$ ) и модулем потерь ( $G''$ ). Максимальное поглощение колебаний наблюдается в переходной области из стеклообразного в высокоэластическое состояние (в области температуры стеклования  $T_c$ ). Поэтому состав композиции выбран таким образом, чтобы материал в условиях эксплуатации (от 0 до 20°C) находился в высокоэластичном состоянии.

**Формулирование цели работы.** Исследование эффективности использования вибропоглощающего полимерного покрытия (ВПП) для снижения уровня локальной вибрации пневматического ручного молотка ударного действия ИП 4010.

**Изложение основного материала.** Для снижения уровня локальной вибрации на примере молотка пневматического ИП 4010 используется наполненное эпоксиуретановое покрытие на основе олигоэфиртрициклокарбоната марки Лапролат-803 (ОТЦК) и эпоксидного дианового олигомера марки ЭД-20. В качестве отвердителя был выбран диэтилентриамин (ДЭТА), взятый в стехиометрическом соотношении. Наполнителями служили белая сажа марки БС-50 (удельная поверхность 50 м<sup>2</sup>/г) и технический углерод марки ПМ-234 (удельная поверхность 109 м<sup>2</sup>/г).

Вязкоупругие свойства эпоксиуретановых полимеров были исследованы методом динамического механического анализа (ДМА) на крутильном маятнике при частоте 1 Гц в интервале температур

от -120 до 100°C. Температурный интервал демпфирования определяли по значению тангенса механических потерь и модуля сдвига. Состав композиции (60 масс.% ОТЦК и 40 масс.% ЭД-20) в температурном диапазоне от -5 до 25°C характеризуется высокими значениями тангенса механических потерь ( $tg\delta = 0,5-0,7$ ) и адгезионной прочности (5,0-7,0 МПа) [10].

Так как уровень локальной вибрации контролируется в месте контакта рук рабочего, т.е. в области наибольшего вибрационного действия с вибрирующей поверхностью, композицию наносили на рукоятку пневматического молотка толщиной 2,5-3 мм.

Исследование уровня локальной вибрации пневматического молотка проводили на вибростенде при давлении сжатого воздуха  $P = 5$  атм. с использованием измерителя шума и вибрации ВШВ-003-М2.

Оценка степени локальной вибрации производилась в диапазоне частот от 8 до 1000 Гц, который включает 8 октавных частотных полос со среднегеометрическими значениями частот: 8; 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000 Гц. Измерения проводились в направлении осей ортогональной системы координат ( $X, Y, Z$ ) относительно тела человека [9].

Гигиеническая оценка вибрации, воздействующей на рабочего, определена методом спектрального анализа уровней локальной вибрации на соответствующих октавных полосах частот.

Нормируемыми параметрами являются средние квадратичные значения виброскорости ( $V$ ) и виброускорения ( $a$ ) или их логарифмические уровни ( $L_a$  и  $L_v$ ), которые определяются экспериментально и сравниваются с допустимыми значениями нормируемого параметра [9].

Эффективность виброзащиты определяется как методом спектрального анализа, так и интегральной оценкой по частоте нормируемого параметра с расчетом скорректированного уровня виброскорости и виброускорения.

Результаты определения логарифмических уровней локальной вибрации молотка пневматического ИП 4010 без покрытия представлены в таблице.

По результатам, представленным в таблице, можно сделать следующие выводы:

- все значения логарифмических уровней виброскорости и виброускорения, превышающие допустимые значения, находятся в низкочастотной области спектра со среднегеометрическими значениями частот 8; 16; 31,5; 63; 125 Гц;

- все значения логарифмических уровней локальной вибрации, а также их скорректированного значения, превышающие допустимые, находятся в направлении оси  $X$  (параллельно кисти правой руки) и оси  $Z$  (перпендикулярно кисти правой руки) относительно правой руки рабочего;

- в направлении оси  $X$  все измеренные значения логарифмических уровней локальной вибрации, а также их скорректированные значения, превышают допустимые: для виброскорости на 10-20 дБ, для виброуско-

рения на 6–29 дБ; скорректированное значение виброскорости на 20 дБ, виброускорения на 27 дБ;

- в направлении оси Z превышение допустимых значений наблюдается на частотах 16 и 125 Гц на 2–5 дБ, скорректированное значение уровня виброскорости превышено на 3дБ, а уровня виброускорения на 6 дБ;

- в направлении оси Y превышений не наблюдается, однако все значения локальной вибрации находятся на уровне допустимых;

- на октавных полосах среднегеометрических частот 16; 31,5; 125 Гц зафиксированы наибольшие

значения уровней локальной вибрации, превышающие допустимые на 30–40%.

По результатам замеров установлено, что параметры локальной вибрации по виброскорости и виброускорению, а также их скорректированные значения, на молотке пневматическом ИП 4010 значительно превышают нормативные значения. Санитарными нормами [9] определено, что работа в условиях воздействия вибрации с уровнями, превышающими санитарные нормы более, чем на 12 дБ в какой-либо октавной полосе, не допускается.

Таблица

Логарифмические уровни локальной вибрации пневматического молотка ИП 4010 без покрытия

Направления измерений		Уровни виброускорения и виброскорости в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами в Гц								Скорректированное значение в дБ
		8	16	31,5	63	125	250	500	1000	
ось X	$L_a$	95	102	96	91	98	93	96	98	103
	$L_v$	-	129	129	119	110	107	106	99	132
ось Y	$L_a$	-	61	61	71	87	89	92	100	72
	$L_v$	98	100	99	100	105	108	102	103	112
ось Z	$L_a$	69	78	79	82	94	90	93	99	82
	$L_v$	103	111	103	107	108	101	96	102	115
Допустимые уровни по ДСН 3.3.6.039-99	$L_a$	73	73	79	85	91	97	103	109	76
	$L_v$	115	109	109	109	109	109	109	109	112

Таким образом, исследуемый молоток пневматический ИП 4010 является виброопасной техникой и должен быть исключен из арсенала ручного инструмента. С целью снижения уровня локальной вибрации молотка пневматического ИП 4010 демпфирующее покрытие ВПП наносили на поверхность молотка в местах контакта с руками работающего (рукоятку).

Результаты определения логарифмических уровней локальной вибрации молотка пневматического ИП 4010 с виброзащитой представлены на рис. 1.

Анализ данных, представленных на рис. 1, показывает, что:

- в направлении оси X наблюдается снижение значений логарифмических уровней виброскорости на 3–10 дБ, виброускорения на 1–5 дБ, а также их скорректированные значения снижаются на 2 дБ;

- в направлении оси Y уровень виброскорости снижается на 4–7 дБ, в то время как уровень виброускорения несколько превышает первоначальные значения;

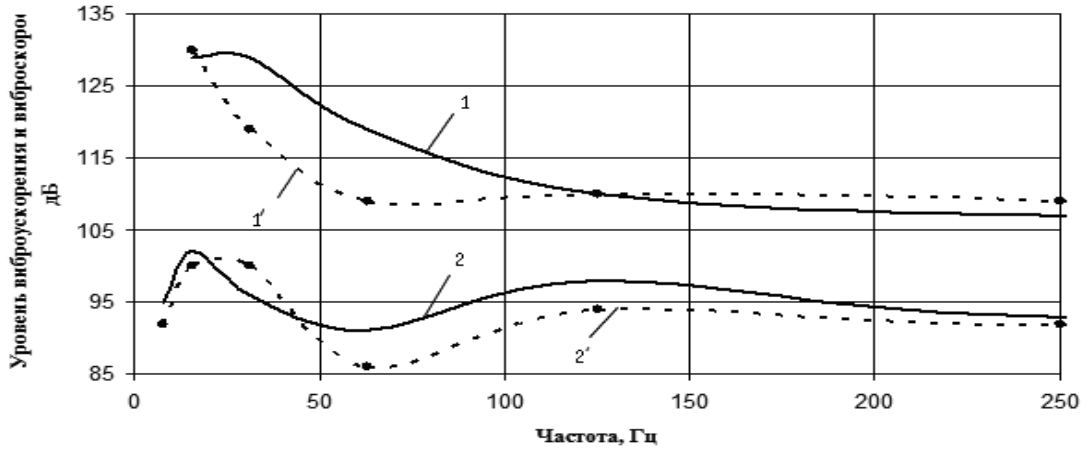
- в направлении оси Z также наблюдается снижение уровня для виброскорости на 4–8 дБ, для виброускорения на 2–17 дБ, скорректированное значение уровня виброскорости снизилось на 3 дБ, а уровня виброускорения на 5 дБ;

- в направлении оси Z уровень виброскорости и виброускорения молотка пневматического с виброзащитой на 2–20 и 4–21 дБ ниже предельно допустимых значений;

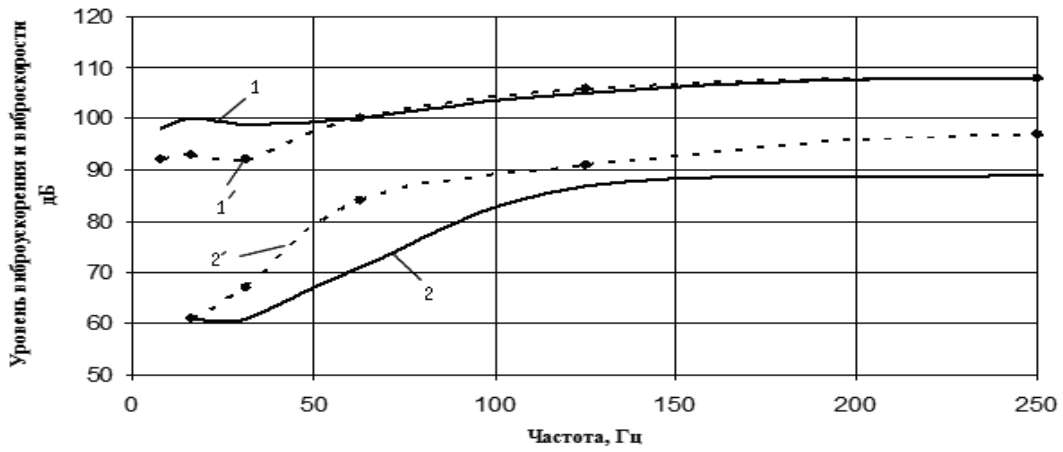
- наиболее существенный эффект снижения вибрации наблюдается в области низких (8–16 Гц) и средних (20–125 Гц) частот.

Воздействие локальной вибрации на человека при использовании пневматического инструмента является источником риска заболевания вибрационной болезнью. За количественную меру индивидуального риска принимается средняя вероятность заболевания человека за единицу времени, которая находится в диапазоне значений от  $1 \cdot 10^{-4}$  до  $1 \cdot 10^{-2}$  на человека в год [5]. В качестве параметра определения вероятности возникновения вибрационной болезни используется скорректированное значение уровня вибрации. Так в направлении оси Y скорректированное значение уровня виброускорения без виброзащиты составляет 115 дБ, а с виброзащитой – 112 дБ.

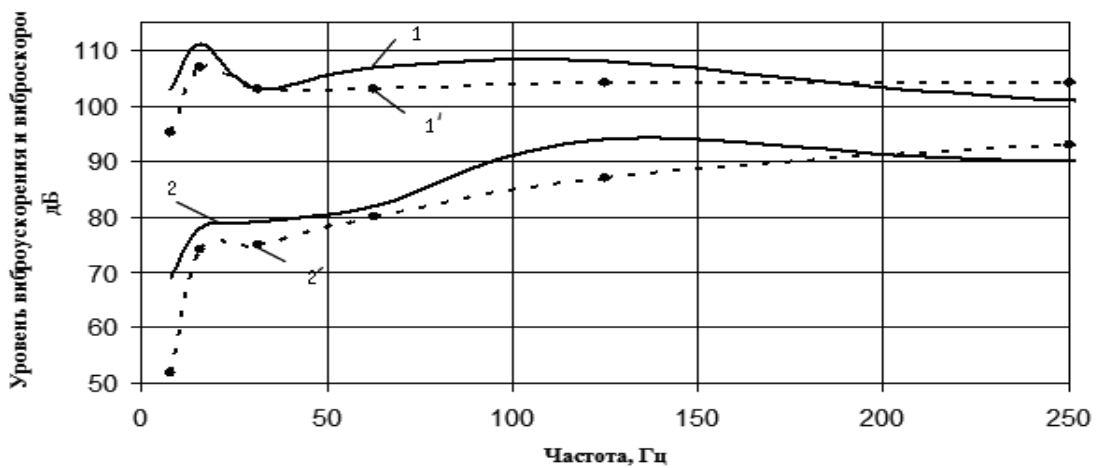
На рис. 2 представлена зависимость вероятности заболевания вибрационной болезнью от продолжительности работы с пневматическим ручным молотком без виброзащиты и с использованием вибропоглощающего полимерного покрытия.



а)



б)



в)

Рис. 1. Зависимость уровней виброскорости (1, 1') и виброускорения (2, 2') от частоты вдоль осей X (а), Y (б) и Z (в) для пневматического молотка без виброзащиты (1, 2) и с виброзащитой (1', 2')

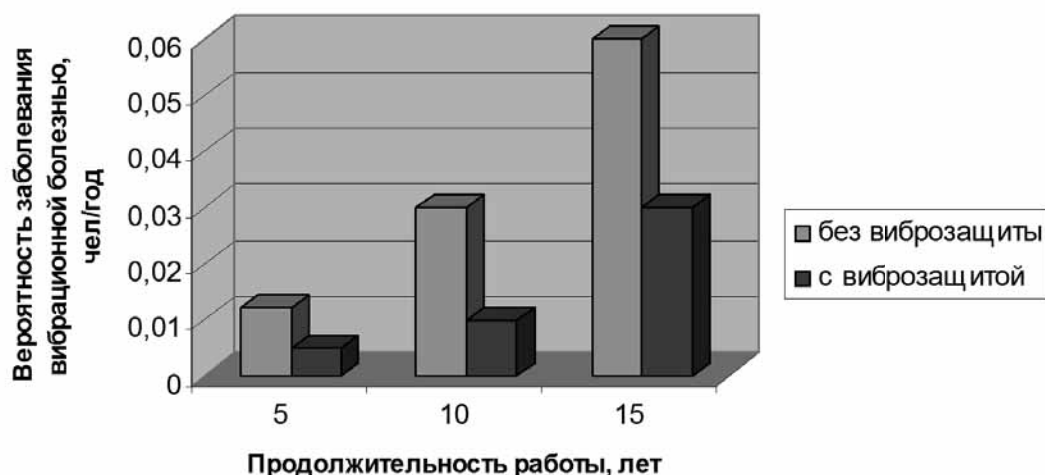


Рис. 2. Зависимость вероятности заболевания вибрационной болезнью от продолжительности работы с пневматическим ручным молотком

Таким образом, вероятность заболевания человека при работе с пневматическим ручным молотком с использованием вибропоглощающего полимерного покрытия снижается на 50–70%. При этом наибольший эффект снижения 70% наблюдается в период продолжительности работы с молотком в течение 10 лет.

**Выводы.** В результате проведенных исследований установлено, что в области низких (8–16 Гц) и средних (20–125 Гц) частот значения логарифмических уровней виброскорости и виброускорения для пневматического ручного молотка без виброзащиты превышают допустимые значения на 10–15%. При использовании вибропоглощающего полимерного покрытия в низкочастотной и среднечастотной областях уровни виброскорости и виброускорения снижаются на 3–25%.

Расчетным методом показано, что вероятность заболевания вибрационной болезнью человека при работе с пневматическим ручным молотком с использованием ВПП снижается на 50–70%. При этом наибольший эффект снижения наблюдается в период продолжительности работы с молотком в течение 10 лет.

Анализируя все вышеизложенное, можно сделать вывод, что наибольший эффект снижения воздействия локальной вибрации может быть достигнут при комплексном применении средств индивидуальной защиты и ВПП. Перспективным направлением является разработка вибропоглощающих материалов, предназначенных для снижения уровней локальной вибрации пневматического ручного инструмента ударного действия, эффективных в определенном заданном диапазоне частот.

#### Список литературы / References

1. Доклад „О состоянии охраны труда в государствах-участниках СНГ“ [Электронный ресурс] // Все-

общая конфедерация профсоюзов, 23 ноября 2010 г. – Режим доступа: <http://vkr.ru>.

General confederation of labor unions (2010), Report “About the condition of labor protection in the CIS countries”, available at: <http://vkr.ru> (accessed February 5, 2013).

2. Энциклопедия по безопасности и гигиене труда: в 4-х томах: пер. с англ. [гл. ред. А.П. Починок] – 4-е изд. – М.: Министерство труда и социального развития, 2001. – Том 1. – 1279 с.

Pochinok, A.P. (2001), *Entsyklopediya po bezopasnosti i gigiyene truda v 4-kh tomakh. Tom 1.* [Encyclopedia of Occupational Hygiene and Safety], Vol. 1, Ministerstvo truda i sotsyalnogo razvitiya, Moscow, Russia.

3. Ткачишин В.С. Вібраційна хвороба від впливу локальної вібрації / В.С. Ткачишин // Медицина транспорту України. – 2006. – № 1(17). – С. 102–105.

Tkachishin, V.S. (2006), “Vibration disease caused by influence of local vibration”, *Meditcina transportu Ukraïni*, no. 1, pp. 102–105.

4. Dahlin, L.B. and Lundborg, G. (2001), “Vibration-induced hand problems: role of the peripheral nerves in the pathophysiology”, *Scand. J. Plast. Reconstn. Surg. Hand Surg.*, Vol. 35, no. 3, pp. 225–232.

5. Тимофеева И.Г. Безопасность труда на виброопасных технологических процессах / Тимофеева И.Г. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2003. – 95 с.

Timofeyeva, I.G. (2003), *Bezopasnost truda na vibroopasnykh tekhnologicheskikh protsessakh* [Safety at Vibration Technological Processes], ESSTU, Ulan-Ude, Russia.

6. Bovenzi, M. and Hulshof, C. (January 2003 to December 2006), “Risk of Occupational Vibration Exposures Vibrisks”, FP5 Project No. QLK 4, pp. 65.

7. Николенко В.Ю. От локальной вибрации до вибрационной болезни / В.Ю. Николенко, Н.Д. Ласткова // Международный неврологический журнал. – 2011.– № 1(39). – С. 131–139.

Nikolenko, V.Yu. and Lastkova, N.D. (2011), "From local vibration to vibration disease", *Mezhdunarodnyy nevrologicheskii zhurnal*, no. 1(39) – pp. 131–139.

8. ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ Вибрационная безопасность. Общие требования. – М.: Стандартинформ, 2009. – 20 с.

GOST 12.1.012-2004 (2009), SSBT *Vibratsionnaya bezopasnost. Obshchiye trebovaniya* [SSWT Vibration Safety. General Requirements], Standartinform, Russia, Moscow.

9. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації: чинний від 01.12.99. – К.: Державні санітарні норми, 2000. – 39 с.

SDS 3.3.6.039-99 (2000), *Derzhavni sanitarni normy vyrobnychoi zagalnoi ta lokalnoi vibratsii* [State Health Standards of General and Local Production Vibration], State health standards, Kiev, Ukraine.

10. Дослідження динамічних механічних і вібропоглинаючих властивостей епоксиретанових складів для вогневіброзахисту металевих виробів / А.І. Березовський, І.Г. Маладыка., В.В. Зайвий [та ін.] // Пожежна безпека: теорія і практика. Збірник наукових праць. – Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2012. – № 10. – С. 18–27.

Berezovskyi, A.I., Maladyka, I.G., Zaivyi, V.V., Skrupynets, A.V. and Popov, Y.V. (2012), "Study of dynamic mechanical properties and vibration-absorbing properties epoxyurethane compositions for heat and vibration protection of metal products", *Pozhezhna bezpeka: teoriya i praktyka*, no. 10, pp. 18–27.

**Мета.** Дослідження ефективності використання вібропоглинаючого полімерного покриття (ВПП) для зниження рівня локальної вібрації на прикладі пневматичного ручного молотка ударної дії ІП 4010.

**Методика.** Дослідження рівнів локальної вібрації пневматичного ручного молотка ІП 4010 проводилися на вібростенді з використанням вимірювача шуму та вібрації ВШВ-003-М2. Рівні локальної вібрації пневматичного ручного молотка ударної дії визначалися методом спектрального аналізу та інтегральної оцінки за частотою нормованих параметрів з розрахунком коректованого значення віброшвидкості й віброприскорення.

**Результати.** У результаті проведених досліджень встановлено, що в області низьких (8–16 Гц) і середніх (20–125 Гц) частот значення логарифмічних рівнів віброшвидкості та віброприскорення для пневматичного ручного молотка без віброзахисту перевищують допустимі значення на 10–15%. При використанні вібропоглинаючого полімерного покриття в низькочастотній і середньочастотній областях рівні віброшвидкості й віброприскорення знижуються до 25%. Розрахунковим методом встановлено, що ймовірність захворювання на вібраційну хворобу людини при роботі з пневматичним ручним молотком з використанням ВПП знижується на 50–

70%. При цьому найбільший ефект зниження спостерігається в період тривалості роботи з молотком протягом 10 років.

**Наукова новизна.** Уперше для зниження рівня локальної вібрації пневматичного ручного молотка ударної дії використовується вібропоглинаюче епоксиретанове полімерне покриття. Показана ефективність застосування ВПП для зниження рівня локальної вібрації пневматичного ручного молотка в області низьких і середніх частот.

**Практична значимість.** Встановлено, що при використанні ВПП ймовірність захворювання на вібраційну хворобу людини при роботі з пневматичним ручним молотком знижується на 50–70%.

**Ключові слова:** локальна вібрація, пневматичний ручний молоток, вібропоглинаюче полімерне покриття, вібраційна хвороба

**Purpose.** To study the efficiency of application of vibration-absorbing polymer coating (VPC) for reducing the level of local vibration on the example of jackhammer IP 4010.

**Methodology.** We have carried out the research of local vibration levels of jackhammer IP 4010 with noise and vibration measurement system NVM-003-M2. Local vibration levels of jackhammer have been determined by spectral analysis and integrated assessment of the normalized parameters frequency of with calculation of corrected values vibration speed and acceleration.

**Findings.** During the studies we have found out that at low (8–16 Hz) and medium (20–125 Hz) frequency the values of the logarithmic vibration speed and acceleration levels for jackhammer without vibration protection exceed the allowable limit by 10–15%. When using a vibration-absorbing polymer coating in low-frequency and mid-frequency areas the levels of vibration speed and acceleration decrease to 25%. The probability of vibration disease when using the jackhammer with VPC reduces by 50–70%. The greatest effect of reduction is observed when the period of work with the jackhammer is 10 years.

**Originality.** For the first time, to reduce the level of local vibration when using jackhammer the vibration-absorbing polymer coating has been applied. The efficiency of the VAC for reducing the local vibration level of the jackhammer at low and mid frequencies has been proved.

**Practical Value.** The research has shown that for the person working with jackhammer with VPC, the probability of the vibration disease appearance decreases by 50–70%.

**Keywords:** local vibration, jackhammer, vibration-absorbing polymer coating, vibration disease

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук Ю.Ф. Булгаковим. Дата надходження рукопису 27.03.13.*