

Дырда В.И., Лисица Н.И., Твердохлеб Т.Е., Заболотная Е.Ю.,  
Агальцов Г.Н., Гончаренко А.В.

## **ЗАЩИТА МАШИН, ОБОРУДОВАНИЯ И ОБСЛУЖИВАЮЩЕГО ПЕРСОНАЛА ОТ ВРЕДНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ВИБРАЦИИ**

У статті розглядається питання впливу виробничої вібрації на організм людини. На прикладі розроблених систем віброізоляції для вихрових змішувачів і молоткових дробарок показано приведення виробничої вібрації до санітарних норм.

### **MACHINES, EQUIPMENT AND OPERATION PERSONNEL PROTECTION FROM DAMAGE EFFECT OF INDUSTRIAL VIBRATION**

In a paper the question of influence of industrial vibration on a human body is considered. On an example of designed systems of a vibration insulation for eddy mixers and hammer crushers reduction of industrial vibration to a sanitary code is displayed.

Одной из проблем современного горно-металлургического производства является борьба с вредным воздействием шума и вибраций на оборудование, строительные конструкции, на здоровье и работоспособность обслуживающего персонала.

Производственная вибрация выступает как вредное явление, прежде всего по отношению к самим машинам – ее источникам, так как интенсифицирует износ, снижает их надежность и долговечность, повышает уровни излучаемого шума. В этой связи по интенсивности вибрации принято судить о качестве машины, ее техническом состоянии. Распространяясь по конструкциям и грунту, вибрация воздействует на другие объекты, вызывает разрушения строительных конструкций, ухудшает работу приборов, точных станков. И, наконец, в случае контакта человека с вибрирующими поверхностями возникает ряд новых специфических проблем, обусловленных отрицательным влиянием вибрации на здоровье и работоспособность людей [1-4].

Систематическое воздействие вибрации на работающих приводит к повышению утомляемости, снижению производительности и качества их труда, а также к развитию профессионального заболевания, именуемого вибрационной болезнью.

Общая вибрация передается через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека. Она вовлекает в колебательный процесс все тело человека, когда оператор выполняет работу сидя или стоя, находясь непосредственно на вибрирующих поверхностях машин, агрегатов или в непосредственной близости от них на вибрирующих фундаментах или участках пола.

Локальная вибрация передается человеку через руки. Она возникает при использовании ручных машин, при контакте рук рабочего с вибрирующими поверхностями.

Производственная вибрация, имея широкий частотный диапазон (от десятых долей до нескольких тысяч Гц) колебаний, воздействует посредством раздра-

жения периферических нервных окончаний в местах контакта, вызывая изменение как физиологического, так и функционального состояния организма человека.

Действие вибрации на человека становится особенно опасным, если частота колебаний приближается к собственной частоте колебаний человеческого тела (5 Гц). При воздействии вибрации на тело человека в разных положениях можно представить в виде кинематически изменяемой системы, отдельные части которой имеют свои собственные частоты колебаний: 4-6 Гц – плечевой пояс, бедра и голова (в положении стоя); 4-8 Гц – брюшная полость; 20-30 Гц – голова (в положении сидя). Внутренние органы имеют собственную частоту колебаний, которая находится в диапазоне 6-9 Гц. Вертикальная составляющая вибрации неблагоприятна для людей, работающих сидя, а горизонтальная – для работающих стоя.

Ухудшение зрительного восприятия происходит под действием вибраций в диапазоне 25-40 Гц и 60-90 Гц.

Между ответными реакциями организма и уровнем воздействующей вибрации нет линейной зависимости. Причину этого явления видят в резонансном эффекте. Резонанс человеческого тела, отдельных его органов наступает под действием внешних сил при совпадении собственных частот колебаний внутренних органов с частотой внешних сил.

Сроки развития расстройств зависят не столько от уровня, сколько от дозы (эквивалентного уровня) вибрации в течение рабочей смены. Преимущественное значение имеет время непрерывного контакта с вибрацией и суммарное время воздействия вибрации за смену.

Гигиеническое нормирование вибраций регламентируют государственные санитарные нормы производственной общей и локальной вибрации ДСН 3.3.6.039-99, разработанные и утвержденные МОЗ Украины в 2000 году [2].

Государственные санитарные нормы подготовлены с учетом современных научных исследований, а также с учетом ранее действующих нормативно-методических документов.

ДСН 3.3.6.039-99 обязательны для исполнения согласно закону Украины «Про охрану труда» и «Про обеспечение санитарного и эпидемиологического благополучия населения Украины».

Разграничивают вибрацию на опасную и безопасную научно-обоснованные предельно допустимые значения ее параметров, которые и составляют гигиенические нормы вибрации. Если параметры вибрации на рабочем месте не превышают установленные нормативные уровни в течение рабочей смены, то условия труда характеризуются как вибробезопасные; если имеет место превышение норм – возникает виброопасная ситуация.

Гигиенической характеристикой вибрации являются нормируемые параметры, выбранные в зависимости от принятого метода ее оценки. Этими параметрами являются средние квадратичные значения виброскорости  $V$  (и их логарифмические уровни  $L_V$ ) или виброускорения в октавных или третьоктавных полосах.

Для общей и локальной вибрации зависимость допустимого значения виброскорости от времени фактического воздействия вибрации, не превышающего 480 мин (восьмичасовой рабочий день), определяется по формуле:

$$V_f = V_{480} \sqrt{480/T},$$

где  $V_{480}$  – допустимое значение виброскорости для длительности воздействия 480 мин.

ДСН 3.3.6.039-99 [5] устанавливает три метода оценки вибрации, воздействующей на человека в производственных условиях:

- частотный (спектральный) анализ нормируемого параметра;
- интегральная оценка по частоте нормируемого параметра;
- по дозе вибрации.

Вибрацию, воздействующую на человека, нормируют отдельно для каждого установленного направления  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , исходя из длительности воздействия 480 мин (8 ч). Ось  $X$  – в направлении от спины к груди, ось  $Y$  – от правого плеча к левому,  $Z$  – вертикально, вдоль туловища.

Основными параметрами вибрации являются:

- амплитуда виброперемещения  $x_m$ , м;
- виброскорость  $V_m$ , м/с;
- виброускорение  $a_m$ , м/с<sup>2</sup>;
- период колебаний  $T$ , с;
- частота колебаний  $f$ , Гц (с<sup>-1</sup>).

В силу специфических свойств органов чувств определяющим при оценке воздействия вибрации являются действующие значения вышеперечисленных параметров. Так, действующее значение виброскорости есть среднеквадратичное мгновенных значений скорости  $V(t)$  за время усреднения  $t_y$ , которое выбирают с учетом характера изменения виброскорости во времени:

$$V_y = \sqrt{\frac{1}{t_y} \int_t^{t+t_y} V^2(t) dt}.$$

При логарифмической оценке уровень виброскорости определяется по формуле:

$$L_v = 10 \lg(V^2/V_0^2) = 20 \lg(V_y/V_0),$$

где  $V_y$  – усредненное значение виброскорости в соответствующей полосе частот;

$V_0$  – опорное значение виброскорости, равное  $5 \cdot 10^{-8}$  м/с, международная стандартная величина.

Уровень виброускорения определяется выражением:

$$L_a = 20 \lg(a/10^{-6}).$$

Выбор метода нормирования определяется поставленными задачами анализа вибрационного воздействия на работающих, наличием соответствующей аппаратуры, выбором средств виброзащиты. Причем метод спектрального анализа является универсальным, так как позволяет аналитически переходить к методам одночисловой оценки. Интегральный и дозовый методы удобнее использовать для оперативного контроля условий труда, оценки их виброопасности.

Проблема защиты от вибрации существует практически на каждом предприятии. Ее успешное решение во многом зависит от умелого использования приемов управления колебательными процессами, возникающими в машинах, реализации эффективных способов и средств виброзащиты. Работа в этом направлении требует комплексного системного подхода на всех этапах проектирования, производства и эксплуатации машин и агрегатов.

Метод защиты – снижение параметров вибрации на пути ее распространения от источника возбуждения путем использования виброизоляторов.

Институтом геотехнической механики совместно с Украинским государственным НИИ безопасности труда и экологии в горнорудной и металлургической промышленности выполнена разработка способов защиты обслуживающего персонала тяжелых машин и оборудования от действия вибрационных и ударных нагрузений с использованием эластомерных конструкций.

Выполнена разработка и исследование резиновых виброизоляторов типов ОП-180, УП-230 и систем виброизоляции для вихревых смесителей ВС-360 и молотковых дробилок ДРМЕ 14,5×13 [6].

Выполненные измерения вибраций показали, что величины вибраций существенно зависят от величин динамического нагружения на опорные конструкции, материала опорных площадок (железобетонные или стальные), их связью с машиной (жесткой связью или через эластомерные конструкции).

Измерения величин виброускорения на площадках обслуживания вихревых смесителей выполнены по осям  $Ox$ ,  $Oy$  и  $Oz$  в точках, которые находятся в зоне обслуживания. Данные про результаты измерений виброускорений вихревых смесителей ВС-360 при жесткой установке на перекрытии приведены в таблице 1.

Данные про результаты измерений виброускорений вихревого смесителя с системой виброизоляции СВВЗ приведены в табл. 2.

Результаты измерений показывают, что гранично-допустимые значения виброускорения обеспечиваются во всех точках, кроме точки 4 (рис. 1). В точке 4 гранично допустимые значения виброускорения на частотах 16 Гц обеспечиваются

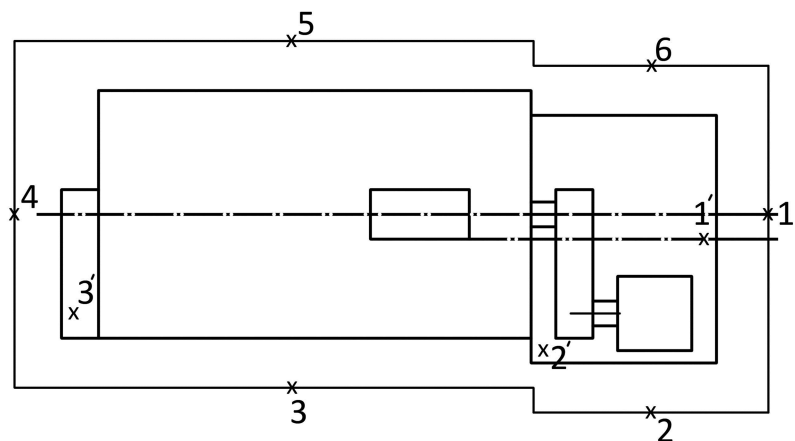


Рис. 1 – Схема расположения точек измерений вибраций на площадке вихревого смесителя ВС-360 с системой виброизоляции СВВЗ



Рис. 2 – Схема расположения точек измерения вибрации дробилки

для  $t = 60$  мин. По данным хронометражных исследований максимальное время обслуживания вихревых смесителей машинистами конвейеров в т. 4 (на площадках разгрузочных устройств) не превышает 60 мин.

Аналогичные исследования были проведены для молотковой дробилки ДРМЕ 14,5×13. Измерения величин виброускорения на площадках обслуживания молотковых дробилок выполнены по осям OX, OY, OZ (рис. 2).

Данные о результатах измерений виброускорений в точках 1-6 (рис. 2) при жестком креплении и с системой виброизоляции приведены в табл. 3 и табл. 4 соответственно.

Результаты измерений показали, что величины виброускорений на площадках обслуживания дробилки значительно ниже гранично-допустимых, согласно ДСН 3.3.6.039-99 [5].

Разработанные конструкции виброизолирующих систем могут быть использованы в машинах различного технологического назначения в горнорудной и металлургической промышленности. Использование виброизолирующих систем позволяет: в экономическом плане – снизить затраты на поддержку строений промышленных предприятий, в социальном – обеспечить защиту обслуживающего персонала от действия вредных вибраций.

Таблица 1 – Величины вибраций на площадке вихревого смесителя для среднегеометрической частоты 16 Гц при жесткой установке

Точки измерений	Оси измерений	Виброускорения
По данным института ИГТМ НАН Украины		
т. 2'	OZ	1,08
	OY	0,98
т. 3	OZ	1,78
	OY	1,48
т. 3'	OZ	1,5
	OY	0,5
т. 4	OZ	2,3
	OY	1,8
т. 5	OZ	1,6
По данным КП «Харьковский ПромстройНИИпроект»		
т. 2	OZ	0,71
т. 3	OZ	2,03
т. 4	OZ	2,34
	OY	1,02
гранично-допустимые: – для обслуживающего персонала при $t = 60$ мин – для перекрытия	OX, OY, OZ	0,56
	OZ	0,60

Таблица 2 – Величины вибраций на площадке вихревого смесителя с системой виброизоляции

Точки измерений	Оси измерений	Виброускорения, м/с <sup>2</sup>					
		Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
		2	4	8	16	31,5	63
т. 1	OX	0,002	0,04	0,04	0,015	0,02	0,02
	OY	0,002	0,005	0,02	0,07	0,02	0,03
	OZ	0,015	0,0	0,02	0,07	0,08	0,05
т. 2	OX	0,006	0,007	0,008	0,03	0,006	0,005
	OY	0,007	0,007	0,006	0,016	0,008	0,008
	OZ	0,001	0,007	0,7	0,33	0,3	0,1
т. 3	OX	0,001	0,007	0,08	0,08	0,02	0,01
	OY	0,002	0,007	0,03	0,06	0,03	0,02
	OZ	0,002	0,008	0,008	0,33	0,3	0,2
т. 4	OX	0,01	0,009	0,008	0,04	0,05	0,03
	OY	0,011	0,01	0,02	0,08	0,03	0,028
	OZ	0,002	0,01	0,11	0,5	0,25	0,20
т. 5	OX	0,003	0,003	0,005	0,05	0,03	0,05
	OY	0,001	0,0025	0,02	0,03	0,03	0,03
	OZ	0,005	0,006	0,025	0,2	0,16	0,2
т.6	OX	0,003	0,008	0,006	0,03	0,03	0,01
	OY	0,008	0,007	0,006	0,02	0,03	0,04
	OZ	0,005	0,007	0,035	0,25	0,31	0,08
Гранично-допустимые: – для обслуживающего персонала: при t = 120 мин при t = 60 мин – для перекрытия	OX, OY, OZ						
		0,28	0,2	0,2	0,4	0,78	1,57
	OZ	0,40	0,28	0,28	0,56	1,1	2,2
		–	–	–	0,6	–	–

Таблица 3 – Величины вибраций на площадке молотковой дробилки при ее жестком креплении

Точки измерений	Оси измерений	Виброускорения, м/с <sup>2</sup>
т. 1	OZ	0,75
т. 2	OZ	5,5
т. 3	OZ	2,15
т. 4	OZ	2,62
т. 5	OZ	3,43
т. 6	OZ	0,98

Таблица 4 – Величины вибраций на площадке молотковой дробилки с системой виброизоляции

Точки измерений	Оси измерений	Виброускорения, м/с <sup>2</sup>					
		Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц					
		2	4	8	16	31,5	63
т. 1	OX	0,004	0,003	0,005	0,014	0,006	0,006
	OY	0,005	0,002	0,003	0,006	0,004	0,025
	OZ	0,002	0,002	0,004	0,04	0,04	0,05
т. 2	OX	0,005	0,003	0,002	0,003	0,005	0,015
	OY	0,02	0,015	0,01	0,01	0,003	0,0015
	OZ	0,003	0,002	0,004	0,04	0,03	0,04
т. 3	OX	0,004	0,002	0,0025	0,001	0,007	0,025
	OY	0,002	0,025	0,0022	0,025	0,004	0,01
	OZ	0,003	0,002	0,0025	0,02	0,025	0,04
т. 4	OX	0,004	0,003	0,004	0,018	0,01	0,03
	OY	0,004	0,003	0,0025	0,004	0,006	0,001
	OZ	0,002	0,002	0,003	0,04	0,02	0,03
т. 5	OX	0,003	0,002	0,002	0,009	0,007	0,03
	OY	0,006	0,003	0,003	0,008	0,003	0,01
	OZ	0,003	0,002	0,004	0,05	0,02	0,05
т. 6	OX	0,004	0,003	0,005	0,004	0,006	0,02
	OY	0,005	0,002	0,003	0,006	0,004	0,025
	OZ	0,002	0,0015	0,0025	0,04	0,02	0,06
Гранично-допустимые: – для обслуживающего персонала – для перекрытия	OX, OY, OZ	0,14	0,01	0,1	0,2	0,4	0,8
		–	–	–	0,6	–	–

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ивович В.А. Защита от вибрации в машиностроении [Текст] / В.А. Ивович, В.Я. Онищенко. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: Тексты лекций [Текст] / Сост.: А.И. Павлов. – М.: МИЭМП, 2003. – 20 с.
3. Салвенди Г. Человеческий фактор. Том 2. Эргономические основы проектирования производственных сред [Текст] / Г. Салвенди. – М.: Мир, 2001. – 599 с.
4. Популярная медицинская энциклопедия [Текст] / Гл. ред. В.И. Покровский. – М.: Советская энциклопедия, 1992.
5. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. – К.: МОЗ України, 2000. – 45 с.
6. О некоторых особенностях виброизоляции вихревых смесителей аглофабрик / В.Д. Афанасьев, В.И. Дырда, Н.И. Лисица, А.Р. Арутюнян // Геотехническая механика. – Днепропетровск: Авантаж, 2005. – Вып. 60. – С. 162-168.