

Электронный архив УГЛТУ

**Министерство образования и науки Российской Федерации**

**ФГБОУ ВПО "Уральский государственный лесотехнический  
университет"**

**Кафедра Охраны труда**

**В.Н. Старжинский**

**А.В. Зинин**

**ИССЛЕДОВАНИЕ  
ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ И  
ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИБРОИЗОЛЯЦИИ  
Методическое руководство к лабораторной работе**

Екатеринбург 2014

Печатается по решению методической комиссии института ИЛБидС  
Протокол № 10 от 3 июля 2014 г.

Рецензент – профессор, д.т.н. М.Н.Гамрекели

Редактор

---

Подписано в печать		Поз.	
Плоская печать	Формат 60 x 84 1/16	Тираж	экз.
Заказ	печ. л.	Цена	

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

- изучить причины возникновения вибрации;
- ознакомиться с основными принципами нормирования параметров вибрации;
- ознакомиться с методикой измерения и приборами для определения вибрации;
- ознакомиться с методикой борьбы с вибрацией; - оценить эффективность виброизоляции.

## 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Вибрация представляет собой механические колебательные движения, причиной возникновения которых являются динамические силовые воздействия при работе машин и агрегатов.

Вибрация данной частоты  $f$  (Гц) характеризуется тремя основными параметрами: амплитудой смещения  $A$  (м), колебательной скоростью  $v$  (м/с) и колебательным ускорением  $w$  (м/с<sup>2</sup>).

В случае гармонических колебаний эти величины связаны между собой соотношениями:

$$v = 2 \pi f A \quad (1)$$

$$w = 4 \pi^2 f^2 A \quad (2)$$

здесь и далее  $\pi=3,1415$

В общем случае физическая величина, характеризующая вибрацию (например, колебательная скорость), является некоторой функцией времени:

$$v = v(t)$$

Математическая теория показывает, что такой процесс можно представить в виде суммы бесконечно долго длящихся синусоидальных колебаний с различными периодами и амплитудами. В случае периодического процесса частоты этих составляющих кратны основной частоте процесса :

$$f_n = n f_1,$$

где  $n = 1, 2, 3 \dots$ ,  $f$  - основная частота процесса, а амплитуды гармоник определяются по известным формулам разложения в ряд Фурье. Если же процесс не имеет определенного периода (случайные и кратковременные одиночные процессы), то число таких синусоидальных составляющих становится бесконечно большим, а их частоты распределены непрерывным образом, при этом амплитуды определяются разложением по формуле интеграла Фурье.

Таким образом, спектр периодического или квазипериодического процесса является дискретным (рис.1а), а случайного или кратковременного одиночного процесса - сплошным (рис.1б).

Чаще всего в дискретном спектре наиболее ярко выражена основная часть колебаний, обычно обусловленная работой привода. Если процесс есть результат суммирования нескольких периодических и случайных процессов, спектр его является смешанным, т.е. изображается в виде непрерывного и дискретного спектров, наложенных друг на друга (рис.1в).

Изображение сплошного спектра обязательно требует оговорки о ширине  $df$  элементарных частотных полос, к которым относится изображение. Если  $f_n$  -

нижняя граничная частота полосы, а  $f_в$  - верхняя граничная частота, то в качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берется среднегеометрическая частота

Уровень  
A, v, w

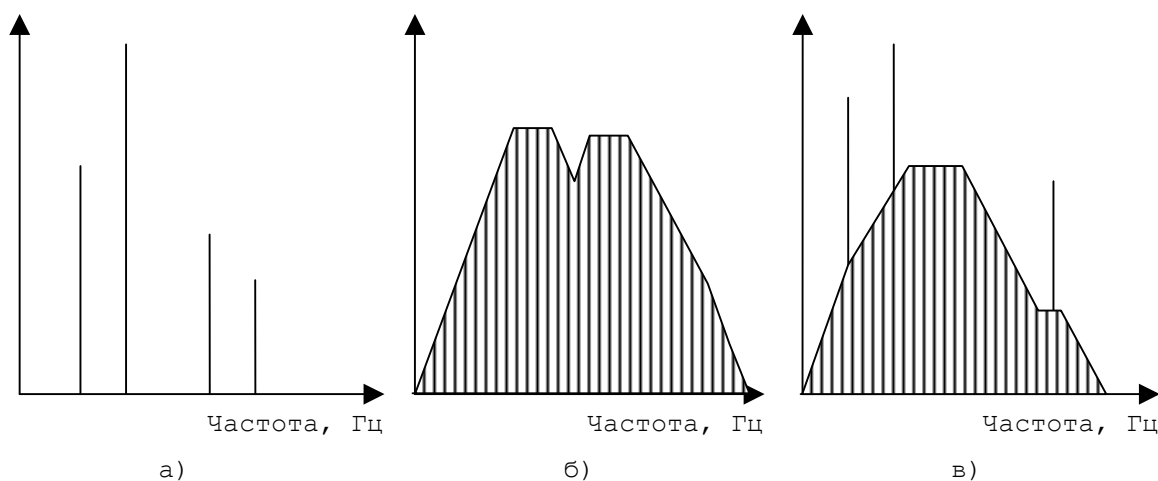


Рис.1. Спектры вибраций

а) дискретный; б) сплошной; в) смешанный

$$f_{cm} = \sqrt{f_n \cdot f_в}$$

В практике виброакустических исследований весь диапазон частот вибрации разбивается на октавные диапазоны (полосы). В октавном диапазоне верхняя граничная частота вдвое больше нижней

$$f_в/f_n = 2$$

Анализ вибрации может производиться также в третьоктавных полосах частот

$$f_в/f_n = \sqrt[3]{2}$$

Среднегеометрические частоты октавных полос стандартизированы и составляют: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 125, 250, 500, 1000 Гц.

Вибрация оказывает вредное воздействие на организм человека. Наиболее чувствительны к вибрации нервная, сердечно-сосудистая системы и костно-суставной аппарат. Длительное воздействие интенсивных вибраций может привести к вибрационной болезни - стойкому нарушению различных функций организма, прежде всего, периферической и центральной нервной системы. Особенно опасны вибрации с частотой 3-30 Гц. В этом диапазоне частот лежат собственные частоты большинства внутренних органов, сердца, мозга.

Сильная вибрация мешает нормальной работе машин и механизмов: снижает точность работы станков, сокращает срок их службы, иногда вызывает разрушение машин и строительных конструкций. Особенно опасны резонансные вибрации, происходящие при совпадении частоты возмущающей силы и собственной частоты системы.

По способу передачи на человека вибрация подразделяется на:

- общую, передающуюся на тело сидящего или стоящего человека через опорные поверхности;
- локальную, передающуюся через руки человека.

Общая вибрация по источнику ее возникновения подразделяется на:

- транспортную, возникающую при движении транспорта при движении транспортных средств по дорогам;
- транспортно-технологическую, которая возникает при работе машин и транспортных средств и при перемещении их по специально подготовленной части производственного помещения, промышленной площадки;
- технологическую, которая возникает при работе стационарных машин или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

По направлению действия вибрации подразделяются на вертикальную (вдоль оси Z ортогональной системы координат) и горизонтальную (вдоль осей X и Y).

## 2. ГИГИЕНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И НОРМИРОВАНИЕ ВИБРАЦИИ

Гигиеническую оценку вибрации, воздействующей на человека в производственных условиях, производят одним из следующих методов:

- частотным (спектральным) анализом нормируемого параметра;
- интегральной оценкой нормируемого параметра;
- дозой вибрации.

При частотном (спектральном) анализе и интегральной оценке общей вибрации нормируемыми параметрами являются средние квадратичные значения виброскорости  $v$  (м/с) и логарифмические уровни виброскорости  $L_v$  в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами:

- для общей вибрации: 1, 2, 4, 8, 16, 31, 63 Гц;
- для локальной вибрации: 16, 31, 63, 125, 250, 500, 1000 Гц.

Логарифмические уровни виброскорости  $L_v$  в дБ определяются по формуле:

$$L_v = 20 \lg \frac{v}{v_0} \quad (3)$$

где  $v$  - среднее квадратическое значение виброскорости, м/с;  
 $v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$  - пороговое значение виброскорости, м/с.

Вибрация, воздействующая на человека, нормируется отдельно для каждого установленного направления в каждой октавной полосе частот по ГОСТ 12.1.012-78 "Вибрация. Общие требования безопасности" (табл.1).

Таблица 1

**Выписка из ГОСТ 12.1.012-78 "Вибрация. Общие требования безопасности"**

Виды вибраций	Направления, по которым нормируется вибрация	Среднеквадратичные значения виброскорости, м/с $10^{-2}$ , не более (числитель) Уровни виброскорости, дБ, в октавных полосах частот, Гц (знаменатель)						
		<i>Для октавных полос со среднегеометрическими частотами, Гц</i>						
<b>ОБЩИЕ ВИБРАЦИИ</b>		<i>1</i>	<i>2</i>	<i>4</i>	<i>8</i>	<i>16</i>	<i>31,5</i>	<i>63</i>
<b>Транспортная</b>	вертикальная (ось Z)	20	7,1	2,5	1,3	1,1	1,1	1,1
		132	123	114	108	107	107	107
	горизонтальная (оси X и Y)	6,3	3,5	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
		122	117	116	116	116	116	116
<b>Транспортно-технологическая</b>	вертикальная или горизонтальная	-	3,5	1,3	0,63	0,56	0,56	0,56
			117	108	102	101	101	101
<b>Технологическая:</b> на постоянных рабочих местах в производств. помещениях предприятий в производственных помещениях, где нет источников вибрации в заводоуправлениях, КБ и др. помещениях для работников умственного труда	вертикальная или горизонтальная	-	1,3	0,45	0,22	0,2	0,2	0,2
		108	99	93	92	92	92	92
		-	0,65	0,18	0,08	0,07	0,07	0,07
		100	91	85	84	84	84	84
		-	0,18	0,06	0,03	0,02	0,02	0,028
		91	82	76	75	75	75	75
<b>ЛОКАЛЬНЫЕ ВИБРАЦИИ</b>		<i>Для октавных полос со среднегеометрическими частотами, Гц</i>						
		<i>16</i>	<i>31,5</i>	<i>63</i>	<i>125</i>	<i>250</i>	<i>500</i>	<i>1000</i>
	на каждой из осей	5,0	3,5	2,5	1,8	1,3	0,9	0,65
		120	117	114	111	108	105	102

### 3. ТРЕБОВАНИЯ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ВИБРОБЕЗОПАСНЫХ УСЛОВИЙ ТРУДА

Основными методами борьбы с вибрацией машин и оборудования являются:

- снижение вибраций по средствам снижения или ликвидации возбуждающих сил в источнике возбуждения;
- отстройка от режима резонанса путем рационального выбора массы или жесткости колеблющейся системы;
- вибродемпфирование - увеличение механического сопротивления колеблющихся конструктивных элементов путем увеличения диссипативных сил при колебаниях с частотами, близкими к резонансным;
- динамическое гашение колебаний - присоединение к защищаемому объекту системы, реакции которой уменьшают размах вибрации объекта в точках присоединения системы;
- изменение конструктивных элементов машин и строительных конструкций.

Устранение причин возникновения вибраций в машинах и механизмах конструктивными и технологическими методами является наиболее радикальной мерой. Примером борьбы с вибрацией в источнике ее возникновения является устранение дисбаланса вращающихся масс, люфтов, зазоров в машинах, замена кривошипно-шатунных механизмов кулачковыми, шарикоподшипников - подшипниками скольжения.

При демпфировании уменьшение амплитуды колебаний деталей машин достигается их изготовлением из материалов с большим внутренним трением, применением покрытий на вибрирующих поверхностях из материалов с большим внутренним трением или вязкостью.

Гашение колебаний предусматривает увеличение инерционного и упругого сопротивления колебательной системы, либо введение в механизмы специальных устройств - динамических гасителей.

В случаях, когда устранить или снизить вибрацию в машине не удастся, используется метод виброизоляции.

Виброизоляция - это уменьшение уровня вибрации защищаемого объекта путем уменьшения передачи колебаний этому объекту от источника колебаний. Виброизоляция осуществляется путем введения упругих элементов виброизоляторов, помещаемых между источником вибрации (машиной, механизмом) и фундаментом (и/или между фундаментом и работающим). Виброизоляторы можно выполнить в виде стальных пружин, рессор, прокладок из резины, резинометаллических конструкций и др.

Основным показателем, определяющим качество виброизоляции машины, установленной на виброизоляторы с жесткостью  $q$  и массой  $m$ , является коэффициент передачи КП. Он показывает, какая доля силы от общей динамической силы  $F_{\text{маш}}$ , действующей со стороны машины, передается виброизоляторами фундаменту ( $F_{\text{осн}}$ ).

$$KП = \frac{F_{осн}}{F_{маш}} = \frac{1}{\left(\frac{f}{f_0}\right)^2 - 1} \quad (4)$$

где  $f = \frac{\omega}{2\pi}$  - частота возмущающей силы, Гц;

$f_0$  - собственная частота системы (машины, установленной на виброизоляторах), Гц.

$$f_0 = \frac{\omega_0}{2\pi} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{q}{m}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{qg}{P}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{X_{ст}}} \quad (5)$$

где  $q$  - коэффициент жесткости виброизоляторов (сила, требующаяся для их деформации на единицу длины), Н/м;

$g$  - ускорение свободного падения = 9,8 м/с<sup>2</sup>;

$P$  - вес агрегата;

$m$  - его масса, кг;

$X_{ст}$  - статическая осадка виброизоляторов под действием собственного веса машины, м.

Чем ниже собственная частота по сравнению с частотой возмущающей силы, тем выше эффективность виброизоляции. При  $f \ll f_0$  возмущающая сила действует как статическая и целиком передается основанию. При  $f = f_0$  наступает резонанс, сопровождающийся резким возрастанием уровня вибрации.

При  $f > 2f_0$  режим резонанса не осуществляется, значение КП равно единице, а при дальнейшем увеличении оно становится меньше единицы, так как система оказывает возмущающей силе все большее инерционное сопротивление. Вследствие этого передача вибрации через виброизоляторы уменьшается.

Обычно эффективность виброизоляции оценивают в дБ:

$$ВИ = 20 \lg \frac{1}{KП} \quad (6)$$

Чем больше статическая осадка, тем ниже собственная частота и тем эффективнее виброизоляция. Однако это обстоятельство противоречит экономическим и в ряде случаев техническим требованиям, так как приводит к сложным и дорогостоящим конструкциям виброизоляторов с большими габаритами, а система на таких виброизоляторах приобретает слишком большую подвижность по отдельным степеням свободы. Поэтому необходимо искать компромисс между гигиеническими, техническими и экономическими требованиями. Поэтому су-



ществует оптимальное соотношение между частотой возбуждающей силы и собственной частотой системы:

$$f/f_0 = 3 \dots 4, \text{ что соответствует } КП = 1/8 \dots 1/15.$$

## 4. ВИБРОИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ АППАРАТУРА

Вибрацию измеряют в соответствии с требованиями СТ СЭВ 1931-78 "Вибрации. Общие требования к проведению измерений", действующих санитарных норм, а также стандартов по ограничению вибраций отдельных видов технологического оборудования. Из многочисленных видов измерительных приборов следует отметить отечественную измерительную аппаратуру ИШВ-1 и ВШВ-003 (производства завода "Виброприбор" г. Таганрог) со стандартными октавными фильтрами, а также измерительный прибор ВИП-2 и виброизмерительную аппаратуру ВА-2 (того же завода).

Все эти приборы включают в себя: виброизмерительный преобразователь; измерительный усилитель; частотные фильтры; регистрирующие приборы. Принцип работы приборов состоит в преобразовании колебаний подвижного элемента (машины) в электрический сигнал, который вырабатывается пьезоэлементом пропорционально ускорению вибрации и передается в выходное устройство. Виброизмерительные преобразователи имеют небольшие габариты и легко устанавливаются на исследуемый объект путем закрепления по средством штифта или магнита. Вибропреобразователи могут быть выполнены в виде датчиков амплитуды колебаний, датчиков виброскорости и датчиков виброускорения. Последние получили наибольшее распространение.

## 5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА

Установка для исследования параметров вибрации и эффективности виброизоляции включает в себя следующие узлы:

- вибростенд, состоящий из плиты 1 с двигателем постоянного тока 2 с эксцентриком 3 (имитация рабочей машины), плиты 4 (имитация фундамента), резиновых виброизоляторов 5, устанавливаемых между "машиной" и "фундаментом" и датчика виброускорений 6, закрепленного на "фундаменте".
- задатчик частоты колебания "машины" (числа оборотов двигателя), состоящий из автотрансформатора, реостата, и контрольно-измерительных приборов: вольтметра и милливольтметра;
- измерительный прибор ВШВ-003 или комплект виброизмерительной аппаратуры ВА-2, состоящий из блока управления 7, коммутатора 8 с встроенным предусилителем и измерительного усилителя 9.

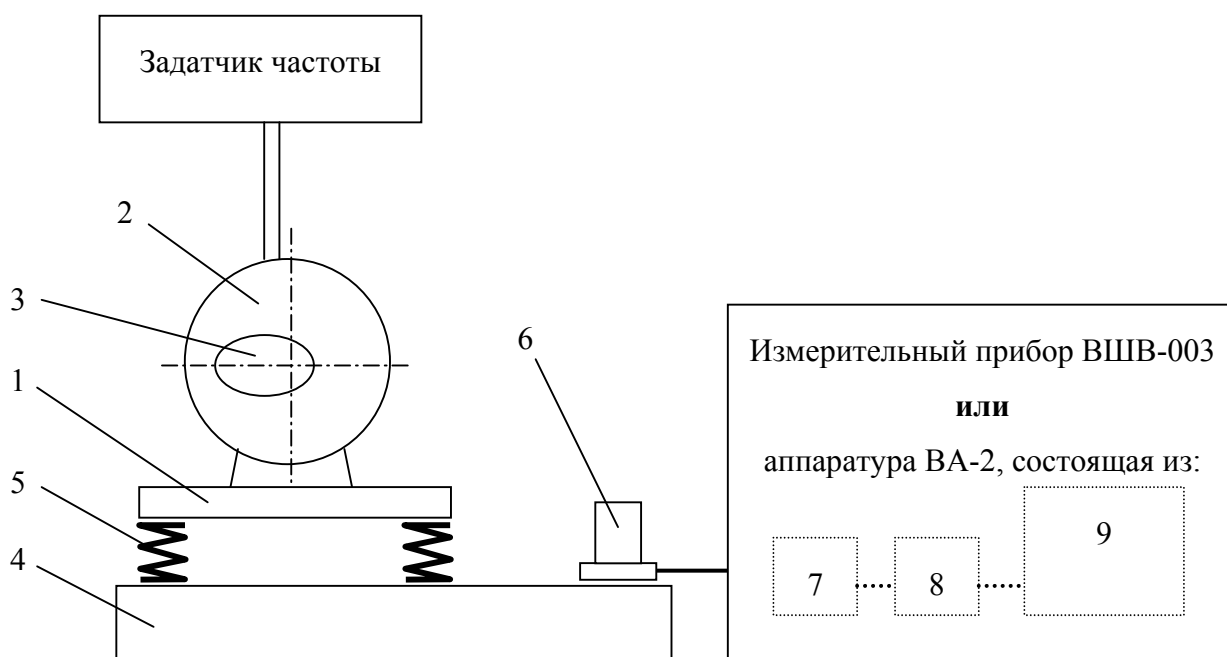


Рис.2 Схема экспериментальной установки

В зависимости от используемой в экспериментальной установке измерительной аппаратуры определение виброскорости следует производить в соответствии с п.5.1 (для шумовиброметра ВШВ-003) или в соответствии с п.5.2 (для комплекта виброизмерительной аппаратуры ВА-2), либо руководствоваться указаниями преподавателя

### **5.1. Определение виброскорости по виброшумомеру ВШВ-003.**

Перед включением прибора переключатели установить в следующие положения

- делитель "ДВІ" – 80;
- делитель "ДВІІ" – 50;
- фильтры – "ЛИН";
- кнопка "V" – нажата.

Включение прибора производится переводом переключателя "РОД РАБОТЫ" в положение в положение "S".

При таком положении переключателей светодиод (лампочка) будет гореть против цифры  $10^4$  на линейке измерения виброскорости, обозначенной " $\text{mm}\cdot\text{S}^{-1}$ ".

Переключением делителей ДВІ и ДВІІ добиться установки стрелки прибора в средней части шкалы. Отсчет виброскорости следует производить по шкале "0...10" или "0...3" в зависимости от того, против какой цифры на линейке " $\text{mm}\cdot\text{S}^{-1}$ " горит светодиод. Если эта цифра кратна 10, то отсчет следует производить по шкале "0...10", а если кратна 3, то по шкале "0...3".

Наибольшее показание (вся шкала) равна указанной цифре на линейке " $\text{mm}\cdot\text{S}^{-1}$ ". Поэтому показание стрелки следует умножить на цифру на линейке

"mm·S<sup>1</sup>", против которой горит светодиод, и разделить на наибольшее значение на соответствующей шкале прибора.

$$\text{Виброскорость} = \text{отсчет по шкале} \frac{\text{Цифра на шкале "mm·S}^1\text{"}}{\text{Максимальный отсчет по шкале}}, \text{ мм/с}$$

Например, светодиод горит против цифры 30 на шкале ""mm·S<sup>1</sup>", поэтому отсчет производим по шкале "0...3". Пусть отсчет = 1,7.

$$\text{Виброскорость} = 1,7 \frac{30}{3} = 17 \text{ мм/с.}$$

## 5.2. Определение виброскорости по комплекту виброаппаратуры ВА-2

Включить комплект измерительной аппаратуры ВА-2 для прогрева в течение 3-5 минут.

Предварительно органы управления поставить в следующие положения:

- 1) тумблер блока управления (9) в положение 1/0дБ;
- 2) переключатель "Коммутация датчиков" в положение "1" (или то, на какой вход включен датчик).

Органы управления измерительного усилителя поставить в положения:

- 1) переключатель "Род работы" в положение "10-3 м/с"
- 2) переключатель "Фильтр" в положение "25 Гц"
- 3) переключатель "Делитель 1" - "10<sup>3</sup>/60дБ"
- 4) переключатель "Делитель 2" - "10<sup>2</sup>/40дБ"

Включить прибор переключателем "Род измерений" в положение "Действ., Быстро".

Переключая сначала "Делитель 1", а затем "Делитель 2" установить стрелку прибора в пределы отградуированной части шкалы (желательно в правую часть шкалы), и произвести отсчет.

Отсчет следует производить по шкале, которая кратна коэффициенту, на который установлен "Делитель 2".

Для определения величины виброскорости необходимо отсчет по стрелочному прибору перемножить:

- на 10<sup>-3</sup>, указанной переключателем "Род работы",
- на коэффициенты, соответствующие положениям переключателей "Делитель 1" и "Делитель 2", деленные на максимальный отсчет соответствующей шкалы.

**Пример.** При измерениях виброскорости ручки переключателя оказались в следующих положениях:

"Род работы" 10<sup>-3</sup> м/с; (всегда)

"Делитель 1"  $10^2/40\text{дБ}$ ;

"Делитель 2"  $30/30\text{дБ}$ , поэтому отсчет производим по шкале  $0...3$  м/с.  
(Допустим, что он равен 1.6)

Виброскорость =  $1.6 \cdot 10^{-3} \cdot 10^2/1 \cdot 30/3 = 3$  м/с,

## 6. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

6.1. Первоначально "машину" жестко установить на "фундамент" (без резиновых виброизоляторов) и закрепить при помощи гаек или болтов. Делать это нужно аккуратно, чтобы не повредить датчик, установленный на "фундаменте".

Преподаватель устанавливает рабочую частоту вращения "машины".

Произвести измерение виброскорости  $v_1$ .

6.2. Остановить вибростенд. Между "машиной" и "фундаментом" установить виброизолирующие прокладки.

Перед установкой виброизоляторов произвести измерение их статической осадки  $X_{ст}$ . Для этого следует произвести измерение высоты виброизоляторов в свободном положении и в сжатом - под действием веса "машины" и взять разность между этими величинами. Для получения более точного результата (как в свободном состоянии, так и в сжатом) можно измерить высоту каждого из 4-х виброизоляторов и вычислить среднее арифметическое значение. За величину статической осадки, в этом случае, принять разность средних значений в свободном и сжатом состояниях.

Запустив вибростенд, произвести измерения виброскорости  $v_2$  при той же частоте вращения, что и в первом случае.

## 7. ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ И ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты измерений виброскорости  $v_1$  и  $v_2$ , а также рассчитанные по формуле 3 величины уровней виброскорости  $L_{v1}$  и  $L_{v2}$ , заносятся в табл.2. В эту же таблицу вносятся нормативные значения виброскорости и уровней виброскорости для октавной полосы, соответствующей частоте, при которой проводились измерения.

По результатам замеров делается вывод о соответствии или несоответствии параметров вибрации при наличии виброизоляции и без нее требованиям ГОСТ 12.1.012-78 "Вибрация. Общие требования безопасности".

Результаты измерений и расчета параметров виброизоляции по формулам 4, 5, 6 заносятся в табл. 3 и дается заключение по эффективности виброизоляции.

Таблица 2

№ п/п	n <sub>3</sub> , об/мин	f = n <sub>3</sub> /60	v <sub>1</sub> , м/с	$Lv_1 = 20 \lg \frac{v_1}{5 \cdot 10^{-8}}$	v <sub>2</sub> , м/с	$Lv_2 = 20 \lg \frac{v_2}{5 \cdot 10^{-8}}$	Нормы		
							f, Гц	v, м/с	L, дБ

Таблица 3

Эффективность виброизоляции

№ п/п	f, Гц	X <sub>ст</sub> , м	$f_o = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{X_{ст}}}$	$KП = \frac{1}{(f/f_o)^2 - 1}$	$ВИ = 20 \lg \frac{1}{KП}$	$ВИ_{ЭКСП} = Lv_1 - Lv_2$

**8. ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ**

Отчет о лабораторной работе должен содержать:

1. Наименование работы;
2. Цель работы;
3. Схему экспериментальной установки.
4. Таблицы с результатами измерений и расчетов (табл.2,3)
5. Заключение о соответствии параметров вибрации нормативным значениям и вывод об эффективности виброизоляции.

**ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Охрана труда в машиностроении. Под ред. Е.Я. Юдина - 2-е изд., перераб и доп. М.: Машиностроение, 1985, 432 с., ил.
2. ГОСТ 12.1.012-78.ССБ. Вибрация. Общие требования безопасности.

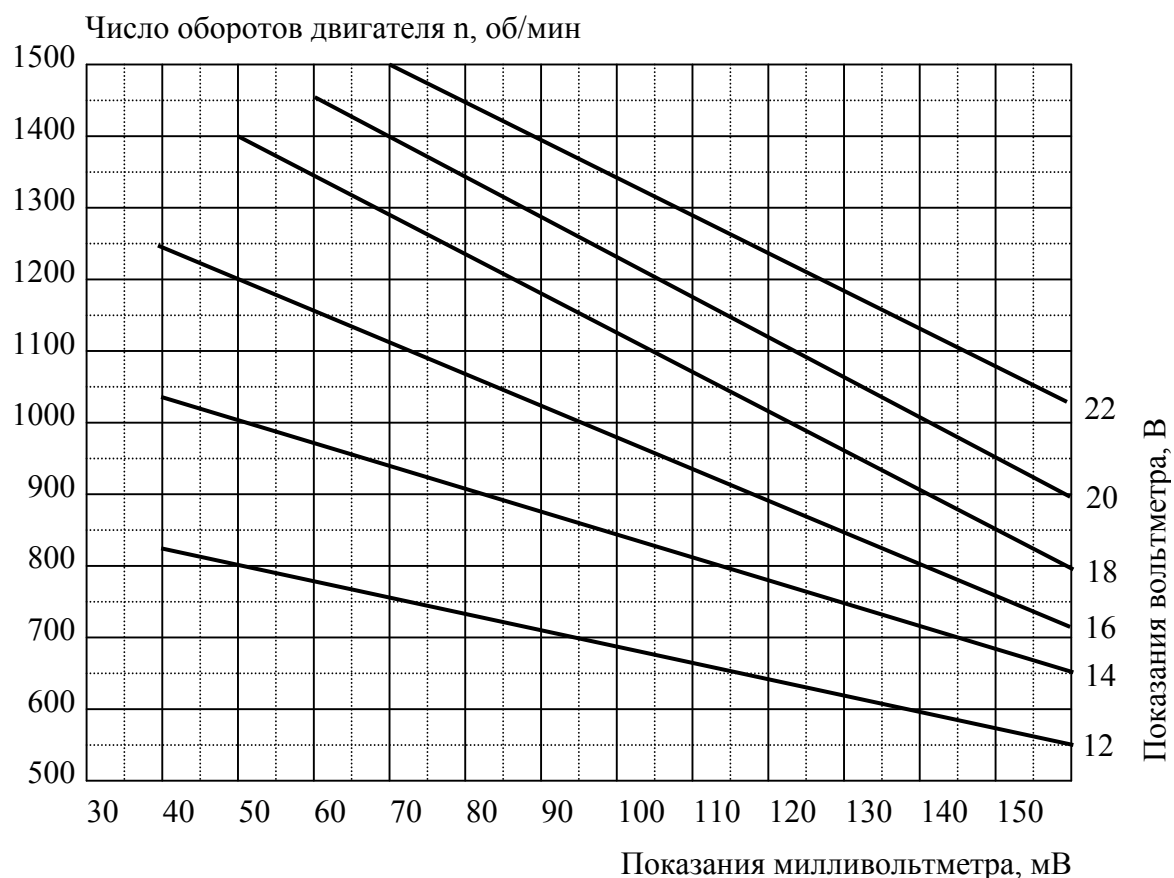


Рис.3 Торировочные кривые для определения числа оборотов двигателя вибростенда

### КАЛЬКУЛЯТОР

v * → (м/с)	Логарифмические уровни виброскорости, дБ			
	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>
1.6	50	70	90	110
1.8	51	71	91	111
2.0	52	72	92	112
2.2	53	73	93	113
2.5	54	74	94	114
2.8	<b>55</b>	<b>75</b>	<b>95</b>	<b>115</b>
3.2	56	76	96	116
3.5	57	77	97	117
4.0	58	78	98	118
4.5	59	79	99	119
5.0	<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>	<b>120</b>
5.6	61	81	101	121
6.3	62	82	102	122
7.1	63	83	103	123
7.9	64	84	104	124
8.9	<b>65</b>	<b>85</b>	<b>105</b>	<b>125</b>
10.0	66	86	106	126
11.2	67	87	107	127
12.6	68	88	108	128
14.1	69	89	109	129
15.8	<b>70</b>	<b>90</b>	<b>110</b>	<b>130</b>

кп*→	ВИ, дБ	
	1	10 <sup>-1</sup>
1.00	0	20
0.89	1	21
0.79	2	22
0.71	3	23
0.63	4	24
0.56	<b>5</b>	<b>25</b>
0.50	6	26
0.45	7	27
0.40	8	28
0.35	9	29
0.32	<b>10</b>	<b>30</b>
0.28	11	31
0.25	12	32
0.22	13	33
0.20	14	34
0.18	<b>15</b>	<b>35</b>
0.16	16	36
0.14	17	37
0.13	18	38
0.11	19	39
0.10	<b>20</b>	<b>40</b>