

МИНИСТЕРСТВО ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ СССР
МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА
И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА
им. Ф. Э. ДЗЕРЖИНСКОГО

Кафедра охраны труда

**ИССЛЕДОВАНИЕ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВИБРАЦИЙ**

**Методические указания
к лабораторной работе № 5**

Москва — 1988

№ 507
01 79838

Исследование производст
венных вибраций 1988

СССР
НИ
ТРАНСПОРТА

50

И

Кафедра охраны труда

Утверждено
редакционно-издательским
советом института

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВИБРАЦИЙ

Методические указания
к лабораторной работе № 5

по дисциплине
«ОХРАНА ТРУДА»

Москва — 1988

УЧЕБНАЯ
БИБЛИОТЕКА
МИИТ

Методические указания составили преподаватели МИИТа: В. К. В а с и н, В. И. Ж у к о в.

Рецензенты: канд. техн. наук доц. А. К. Савушкин (МИИТ); канд. техн. наук доц. В. И. Бекасов (ВЗИИТ).

Цель работы — научить студентов пользоваться виброизмерительной аппаратурой, оценивать параметры вибрации и рассчитывать виброизоляцию.

1. ВОЗДЕЙСТВИЕ ВИБРАЦИИ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Колебания частей аппаратов, машин, коммуникаций и сооружений, вызываемые динамической неуравновешенностью вращающихся деталей, пульсацией давления при транспортировке жидкостей и газов принято называть вибрацией. Ощущение ее людьми возникает при непосредственном соприкосновении с колеблющимися предметами. Различают общую и локальную вибрации.

Общая вибрация вызывает сотрясение всего организма, локальная передается через руки человека. В ряде случаев работающий может подвергаться одновременно воздействию общей и локальной — комбинированная вибрация.

Систематическое воздействие общих вибраций вызывает расстройство центральной нервной и сердечно-сосудистой систем. У человека возникают головные боли, появляется головокружение, нарушаются: сон, цветоощущение, координация движений и т. п. Особую опасность представляют вибрации, частоты которых совпадают с собственными частотами колебаний отдельных частей тела. Установлено, что для головы относительно плеч такие частоты составляют 25—30 Гц, для большинства внутренних органов — 6—9 Гц. Колебания рабочих мест с указанными частотами весьма опасны, так как могут вызвать механическое повреждение или даже разрыв органов работающего.

Локальная вибрация вызывает спазмы кровеносных сосудов, что приводит к ухудшению снабжения конечностей кровью. В результате происходит интенсивное отложение солей, возникают боли в суставах, их деформация и уменьшение подвижности.

Производственные вибрации могут быть причиной тяжелого, трудно излечимого профессионального заболевания — виброболезни. Ее главный симптом — нарушение физиологических функций организма. Развитию вибрационной болезни

способствует низкая погодная температура окружающей среды, напряжение мышц, наличие интенсивного шума.

Следует иметь в виду, что общая вибрация оказывает большее вредящее действие на организм человека, чем локальная.

В любом случае действие вибрации приводит к преждевременному утомлению людей, отсюда снижение производительности труда. В условиях интенсивного развития средств транспорта, механизации производственных процессов, расширения области применения ручных машин и механизмов — вибрационная технология борьбы с вредными воздействиями вибрации становится одной из наиболее актуальных задач охраны труда.

2. ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ВИБРАЦИИ

Степень воздействия вибрации на человека определяется параметрами колебательного процесса:

частотой f , Гц;

смещением x , м;

скоростью v м/с;

ускорением a , м/с²;

продолжительностью действия.

При гармонических колебаниях, представленных на рис. 1, вибросмещение определяется по формуле

$$x = A \sin(\omega t + \varphi), \quad (1)$$

где A — амплитуда колебаний, м;

ω — угловая частота, рад/с;

φ — начальная фаза (в большинстве задач охраны труда начальная фаза значения не имеет и может не учитываться);

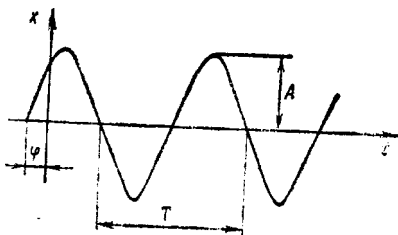


Рис. 1. Гармонические колебания

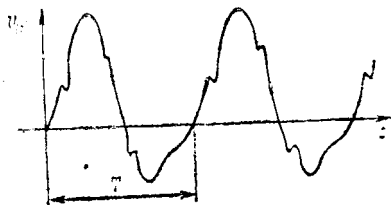


Рис. 2. Оциллограмма виброскорости сложного периодического колебательного процесса

t — время, с.

Угловая частота ω (рад/с) связана с частотой колебаний f (Гц) и периодом колебаний T , с⁻¹ соотношением

$$\omega = 2\pi f \frac{2\pi}{T} \quad \text{или} \quad f = \frac{1}{T}. \quad (2)$$

Виброскорость и виброускорение определяются как первая и вторая производные от смещения по времени $v = dx/dt$ и $a = d^2x/dt^2$.

При синусоидальных колебаниях v и a также являются гармоническими. В общем случае параметр, характеризующий вибрацию, напр. виброскорость, является некоторой сложной функцией времени $v(t)$ (м/с) (рис. 2).

Согласно теореме Фурье любое сложное колебание $v(t)$ можно представить в виде суммы простейших синусоидальных, количество которых, а также амплитуды и частоты отдельных составляющих, зависят от вида функции $v(t)$.

Представление сложного колебательного процесса в виде суммы гармонических частотных составляющих называется спектром вибрации, а соответствующее графическое изображение — спектрограммой, рис. 3.

Построение спектров параметров вибрации производится в октавных или третьоктавных полосах частот f .

В октавном диапазоне частот верхняя граничная частота вдвое больше нижней: $f_2/f_1 = 2$;

в третьоктавном диапазоне — $f_2/f_1 = \sqrt[3]{2}$.

В качестве частоты, характеризующей полосу в целом, берется среднегеометрическая частота

$$f_{\text{ср}} = \sqrt[3]{f_1 f_2}. \quad (3)$$

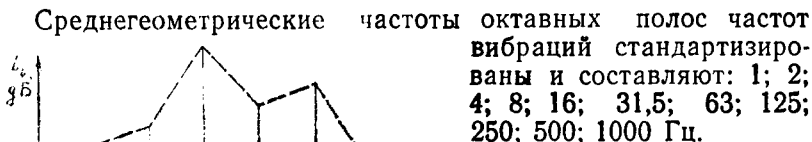


Рис. 3. Спектрограмма уровней виброскорости

Учитывая, что абсолютные значения параметров вибрации изменяются в очень широких пределах, для удобства измерений часто используют относительные еди-

ницы — логарифмические уровни в децибеллах L_v , дБ.

Уровень виброскорости определяют по формуле

$$L_v = 20 \lg \frac{v_g}{v_0}, \quad (4)$$

где v_g — действующее значение виброскорости, м/с;

$v_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с — пороговое значение виброскорости, стандартизованное в международном масштабе.

3. САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЕ НОРМИРОВАНИЕ ВИБРАЦИИ

В соответствии с ГОСТ 12.1.012—78 [2] нормируемыми параметрами при гигиенической оценке вибрации являются среднеквадратичные значения виброскорости v_g (м/с) и их логарифмические уровни L_v (дБ) в октавных полосах частот, табл. 1.

Вибрация, воздействующая на человека, нормируется отдельно для каждого установленного направления в каждой октавной полосе. Общая вибрация нормируется с учетом свойств источника ее возникновения и делится на вибрацию:

транспортную — образуется при работе тракторов, автомобилей, строительно-дорожных и других самоходных машин;

транспортно-технологическую — образуется при работе экскаваторов, подъемных кранов, путевых машин, напольного производственного транспорта;

технологическую — возникает при работе стационарных машин (станки, электрические машины, вентиляторы и др.).

Санитарно-гигиеническая оценка вибрации состоит в сопоставлении фактических параметров вибрации с нормируемыми. Для этого данные, полученные измерением и взятые из норм табл. 1, заносятся в сводный протокол наблюдений и на основе сопоставления дается заключение о соответствии исследуемого объекта требованиям.

4. ВИБРОИЗОЛЯЦИЯ

Виброизоляция является одним из эффективных способов уменьшения передачи динамических сил от машины к основанию (рабочим местам). Осуществляется путем введения упругих элементов (виброизоляторов) между вибрирующим агрегатом и рабочим местом (рис. 4). Виброизоляторы выполняются в виде стальных пружин, рессор, резиновых прокла-

Таблица 1

**Гигиенические нормы вибрации, воздействующей на человека в производственных условиях,
по ГОСТ 12.1.012—78**

Виды вибраций	Направления, по которым нормируется вибрация	Среднеквадратичные значения виброскорости, м/с 10^{-2} , не более										
		Логарифмические уровни виброскорости (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами (Гц)										
		11	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1 тыс.
Общая вибрация	Вертикальная, по оси Z	20	7,1	2,5	1,3	1,1	1,1	1,1	—	—	—	—
		132	123	141	108	107	107	107	—	—	—	—
Транспортная	Горизонтальная, по осям X и Y	6,3	3,5	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	—	—	—	—
		122	117	116	116	116	116	116	—	—	—	—
Транспортно-технологическая	Вертикальная, по оси Z или горизонтальная, по осям X и Y	—	3,5	1,3	0,63	0,56	0,56	0,56	—	—	—	—
		—	117	108	102	101	101	101	—	—	—	—
технологическая: в производственных помещениях с источниками вибраций	То же	—	1,3	0,45	0,22	0,2	0,2	0,2	—	—	—	—
		—	108	99	93	92	92	92	—	—	—	—
в служебных помещениях на судах (рулевая, штурманская и радиорубка)	»	—	0,71	0,52	0,13	0,11	0,11	0,11	—	—	—	—
		—	103	94	98	88	87	87	—	—	—	—

Виды вибраций	Направления, по которым нормируется вибрация
<p>в производственных помещениях, где нет машин, генерирующих вибрации (склады столовых, бытовки, помещения дежурных и т. п.)</p> <p>в административно-управленческих помещениях, КБ, лабораториях, учебных пунктах, ВЦ, здравпунктах, помещениях для работников умственного труда</p> <p>Локальная вибрация</p>	<p>То же</p> <p>Вертикальная, по оси Z или горизонтальная, по осям X и Y</p> <p>По каждой из осей</p>

Продолжение табл. 1

Среднеквадратичные значения виброскорости,
м/с 10^{-2} , не более

Логарифмические уровни виброскорости (дБ) в октавных
полосах со среднегеометрическими частотами (Гц)

11	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1 тыс.
—	$\frac{0,5}{100}$	$\frac{0,18}{91}$	$\frac{0,089}{85}$	$\frac{0,079}{84}$	$\frac{0,079}{84}$	$\frac{0,079}{84}$	—	—	—	—
—	$\frac{0,18}{91}$	$\frac{0,063}{82}$	$\frac{0,032}{76}$	$\frac{0,028}{75}$	$\frac{0,028}{75}$	$\frac{0,028}{75}$	—	—	—	—
—	—	—	$\frac{5,0}{120}$	$\frac{5,0}{120}$	$\frac{3,5}{117}$	$\frac{2,5}{114}$	$\frac{1,8}{111}$	$\frac{1,3}{108}$	$\frac{0,9}{105}$	$\frac{0,65}{102}$

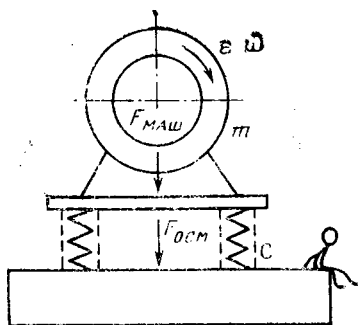


Рис. 4. Схема виброизоляции машины

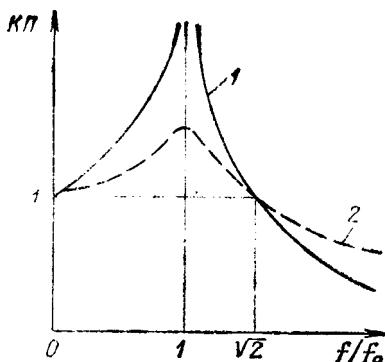


Рис. 5. Зависимость коэффициента передачи (КП) от соотношения частот f/f_0 :
1 — без учета затухания (трения в виброизоляторах); 2 — с учетом затухания

док различной формы, пружиннорезиновых опор, пневмоамортизаторов типа воздушная подушка и др.

Эффективность виброизоляции оценивается коэффициентом передачи (КП), который показывает, какая доля динамической силы работающей машины передается через виброизоляторы на основание

$$\text{КП} = \frac{F_{\text{осн}}}{H_{\text{маш}}} = \frac{v^1}{v}, \quad (5)$$

где $F_{\text{осн}}$, v^1 — сила и виброскорость, действующие на основание при установленных виброизоляторах;

$F_{\text{маш}}$, v — сила и виброскорость, создаваемые машиной, и действующие на основание при жесткой связи.

Очевидно, чем меньше КП, тем выше эффективность виброизоляции (ВИ), которую обычно определяют в децибелах по формуле

$$\text{ВИ} = 20 \lg \frac{1}{\text{КП}}. \quad (6)$$

Коэффициент передачи (КП) без учета трения в виброизоляторах может быть определен по известной из теории колебаний формуле

$$KП = \frac{1}{(f/f_0)^2 - 1}, \quad (7)$$

где f — частота вынужденных колебаний, Гц;
 f_0 — частота собственных колебаний машины на вибро-
 изоляторах, Гц.

Зависимость КП при одной степени свободы колебаний от отношения частот f/f_0 представлена на рис. 5.

Из формулы (7) и данного рисунка видно, что режим виброизоляции (КП < 1) имеет место:

при $f/f_0 > \sqrt{2}$;

при $f/f_0 \leq \sqrt{2}$ виброизоляторы полностью передают вибрации основанию или даже усиливают их в резонансном и околорезонансном режимах ($f \approx f_0$).

Оптимальным считается отношение $f/f_0 = 2,5 \div 5$, что обеспечивает поглощение виброизоляторами от 87 до 93% энергии вибрации. Стремиться к большему значению отношения f/f_0 не следует, так как значительно усложняются конструкции виброизоляторов и может возникнуть неустойчивость (зыбкость) машины.

Частота вынужденных колебаний f зависит от режима работы самой машины и изменяться не может. Поэтому желаемое отношение f/f_0 достигается за счет создания необходимой частоты собственных колебаний f_0 .

Частота f_0 может быть определена по формуле

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{Cm}, \quad (8)$$

где C — жесткость виброизоляторов, н/м;

m — масса машины, кг.

Поскольку масса машины постоянна, необходимое значение f_0 может быть обеспечено за счет выбора виброизоляторов с соответствующей жесткостью. Жесткость виброизоляторов определяет степень их деформации под действием внешней силы. Деформация, возникающая под давлением массы машины, получила название статической осадки $X_{ст}$, М

$$X_{ст} = \frac{mg}{c}, \quad (9)$$

где $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ — ускорение свободного падения.

Статическая осадка $X_{ст}$ определяется путем измерения высоты виброизолятора в свободном состоянии H и под нагрузкой $H_{нагр}$ по формуле

$$X_{ст} = |H - H_{нагр}|. \quad (10)$$

После подстановки (9) в (8) и несложных преобразований получаем

$$f_0 \approx \frac{0,5}{\sqrt{X_{ст}}}. \quad (11)$$

Таким образом, собственная частота f_0 (Гц) однозначно определяется величиной статической осадки $X_{ст}$.

Расчет виброизоляции в большинстве случаев выполняется только для вертикальных колебаний и сводится к определению необходимой жесткости виброизоляторов. При этом последовательность расчета следующая.

1. При известном спектре параметров вибрации в каждой октавной полосе определяют требуемую величину снижения логарифмического уровня виброскорости ΔL_v (дБ).

$$\Delta L_v = L_{v_3} - L_{v_{норм}}, \quad (12)$$

где L_{v_3} — замеренное значение логарифмического уровня виброскорости, дБ;

$L_{v_{норм}}$ — нормативное значение логарифмического уровня виброскорости, дБ.

2. В соответствии с формулой (6) определяют требуемое значение коэффициента передачи $KП_{потр}$

$$KП_{потр} = \frac{1}{anti \lg (ВИ/20)}. \quad (13)$$

3. Частота вынужденных колебаний f (Гц) определяется из осциллограммы колебаний по формуле (2), а для равномерно вращающихся машин рассчитывается по формуле

$$f = \frac{N}{60}, \quad (14)$$

где N — частота вращения машины, об/мин.

4. С учетом формулы (7) необходимая частота собственных колебаний f_0 (Гц) определяется по формуле

$$f_0 = \frac{f}{\sqrt{1 + 1/KП_{потр}}}. \quad (15)$$

Если исходные параметры вибрации неизвестны, необходимая частота собственных колебаний находится из отношения

$$f_0 = f / (2,5 \div 5,0). \quad (16)$$

5. После определения частоты f_0 необходимая жесткость виброизоляторов находится из формулы (8).

$$C = 4\pi^2 m f_0^2 \approx 39,44 m f_0^2. \quad (17)$$

6. В случае параллельной установки n равножестких виброизоляторов жесткость каждого из них должна быть равна

$$C_i = \frac{C}{n}. \quad (18)$$

7. Для обеспечения расчетной жесткости C_i виброизоляторы должны иметь определенные конструктивные размеры. Методика расчета виброизоляторов дана в [4, 5]

5. ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРАЦИИ

Лабораторный стенд состоит из следующих основных частей (рис. 6): 1) основание; 2) электродвигатель с дебалансом, создающим возмущающую силу; 3) механизм подъема двигателя; 4) виброизоляторы; 5) выключатель; 6) ЛАТР служит для изменения напряжения питания и скорости вращения двигателя; 7) вольтметр, показывающий величину напряжения питания электродвигателя; 8) датчик тахометра связан через гибкий вал с электродвигателем 2. Датчик генерирует электрический ток с частотой, прямо пропорциональной числу оборотов; 9) измеритель тахометра, состоящий из трехфазного синхронно-реактивного двигателя и механизма измерителя. Шкала измерителя имеет оцифровку от 0 до 9 с разбивкой каждого деления на 5 частей. Тысячи оборотов отсчитываются с помощью малой стрелки по большим делениям. Сотни и десятки оборотов определяются с помощью большой стрелки, для которой большое деление имеет цену в 100 об/мин, а малое — в 20 об/мин; 10) вибродатчик пьезоэлектрический типа Д13; 11) прибор измерительный ПИ-6; 12) осциллограф для визуального наблюдения формы колебаний.

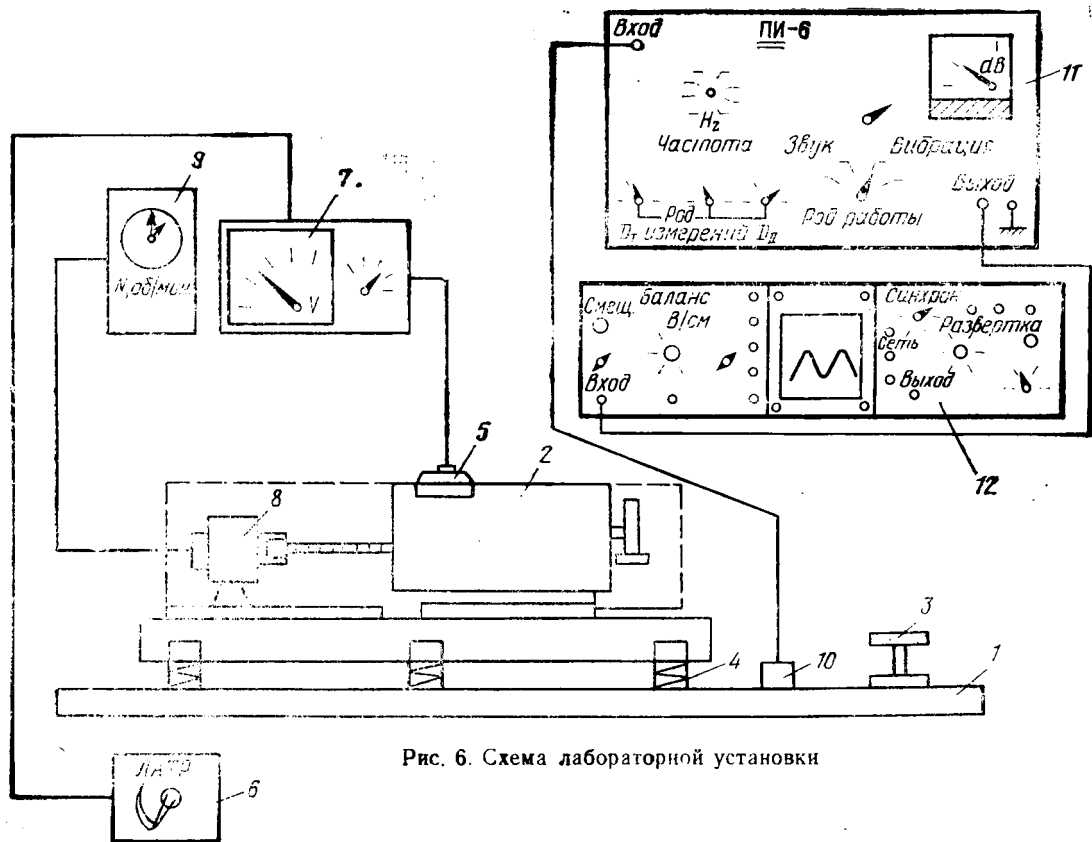


Рис. 6. Схема лабораторной установки

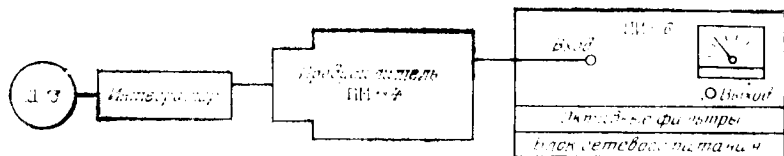


Рис. 7. Полукомплект ИШВ-1 для измерения уровня виброскорости

Исследование вибрации в лабораторной работе осуществляется с помощью измерителя шума и вибрации ИШВ-1, который предназначен для измерения действующих значений уровней звукового давления, виброускорения и виброскорости в октавных полосах частот.

Полукомплект ИШВ-1 для измерения виброскорости представлен на рис. 7.

Полукомплект ИШВ-1 состоит из: вибропреобразователя Д13; интегратора; предусилителя ПМ-4; прибора измерительного ПИ-6. ИШВ-1 рассчитан на измерение уровня виброскорости от 70 до 160 дБ в диапазоне частот 10—280 Гц.

Принцип работы вибропреобразователя Д13 основан на прямом пьезоэффекте: механические колебания приводят к деформации пьезоэлементов в результате на электродах возникают электрические заряды, пропорциональные действующему ускорению.

Интегратор служит для преобразования электрических сигналов, снимаемых с Д13, в сигналы пропорциональные виброскорости.

Предусилитель ПМ-4 предназначен для согласования высокоомного сопротивления вибропреобразователя с входным сопротивлением прибора измерительного ПИ-6.

Прибор измерительный состоит из усилительной части; октавных фильтров; блока сетевого питания. Усилитель прибора ПИ-6 усиливает входной сигнал до величины необходимой для нормальной работы среднеквадратичного детектора, на выходе которого стоит стрелочный прибор, проградуированный в децибелах действующих значений уровней измеряемой величины.

Октавные фильтры прибора измерительного ПИ-6 имеют средненоминальные частоты: 16; 31,5; 63; 125; 250; 500; 2 тыс.; 4 тыс.; 8 тыс. Гц и позволяют исследовать спектры шума и вибраций.

Наряду с сетевым предусмотрен батарейный блок питания, состоящий из восьми элементов МАРС.

На передней панели прибора ПИ-6 установлены пульт управления и разъемы, см. рис. 6: а) «Вход» — для присоединения преусилителя ПМ-4; б) «Выход» — для присоединения анализирующей и контролирующей аппаратуры (самописец, магнитофон, осциллограф и т. п.); в) «Калибр» — для проведения электрической калибровки приборов; г) переключатели «Делитель I» с положениями от 30 до 90 и «Делитель II» с положениями от 0 до 40; д) переключатель «Род измерения» с положениями А, В, С, ЛИН, ФИЛЬТРЫ. В положении ЛИН проводятся измерения в полосе частот от 10 до 10 тыс. Гц. В положении ФИЛЬТРЫ к измерительному тракту подключаются октавные фильтры и проводится измерение в октавных полосах частот; е) переключатель «Род работы» с положениями ОТКЛ., КОНТР. ПИТАНИЯ, БЫСТРО, МЕДЛЕННО; ж) переключатель «Частота H_z » служит для коммутации октавных фильтров; з) тумблер с положениями ЗВУК — для измерения параметров звука, ВИБРАЦИЯ — для измерения параметров вибрации; и) ПИТАНИЕ — сигнальная лампа для контроля работы прибора.

6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Проверить исходное состояние лабораторной установки: а) двигатель 1 должен опираться непосредственно на основание 2 (маховое колесо механизма подъема двигателя 3 находится в крайнем левом положении, виброизоляторы отсутствуют); б) выключатель 5, установленный на корпусе электродвигателя 1, находится в положении ВЫКЛ; в) рукоятка ЛАТРА 6 в нулевом положении (повернута до упора против часовой стрелки).

2. Подать питание на осциллограф 12 и прибор ПИ-6, включить тумблер «Сеть» осциллографа и установить переключатель «Род работы» прибора ПИ-6 в положение «КОНТРОЛЬ ПИТАНИЯ». При этом загорится контрольная лампа питания осциллографа, а стрелка прибора ПИ-6 должна находиться в секторе «Батарея». Прогреть приборы в течение 5 — 7 мин.

3. Установить переключатели на передней панели прибора ПИ-6 в следующие положения: а) «Делитель I» — 80; б) «Делитель II» — 40; в) «Род измерения» — ЛИН; г) «Частота H_z » — 16; д) «Звук вибрация» — ВИБРАЦИЯ; е) «Род работы» — БЫСТРО.

4. Получить у преподавателя исходные данные (напряжение питания электродвигателя и вид вибрации), необходимые для выполнения лабораторной работы, которые занести в Протокол № 1.

5. Перевести выключатель 5 в положение ВКЛ и с помощью ЛАТРа 6 подать на двигатель заданное напряжение.

6. Измерить общий уровень виброскорости исследуемой вибрации. Для этого сначала в сторону меньших значений переключать последовательно «Делитель I», а затем (в случае необходимости) «Делитель II» до тех пор, пока стрелка показывающего прибора не установится в правой части шкалы правее 0. Результат измерений подсчитывается (в дБ).

$$L_{v_3} = ДI + ДII + П + K_{\text{ин}}, \quad (19)$$

где ДI — положение переключателя «Делитель I»;

ДII — положение переключателя «Делитель II»;

П — показание стрелочного прибора;

$K_{\text{ин}} = 43,6$ — коэффициент ослабления интегратора (дается заводом-изготовителем).

Измеренное значение общего уровня виброскорости занести в Протокол № 1, см. табл. 2.

Таблица 2

Протокол № 1 измерения и санитарно-гигиенической оценки исследуемой вибрации

Напряжение на электродвигателе $U, В$	Общий уровень виброскорости $L_{v_3}, дБ$	Частота вынужденных колебаний $f, Гц$	Уровни виброскорости (дБ) в октавных полосах частот					
			2	4	8	16	31,5	63
			без виброизоляторов, L_{v_3}					
			предельно допустимые по ГОСТ 12.1.012—78 L_v норм для вибрации					
			величина требуемого снижения $\Delta L = L_{v_3} - L_{v_{\text{ном}}}$					
			при $n =$ виброизоляторов C_i					

Примечание: считывание показаний следует производить в устойчивом положении стрелки, а при небольших колебаниях — по средней величине.

7. Определить частоту вынужденных колебаний. Для этого пересчитать по формуле (14) показания измерителя тахометра θ из об/мин в Гц. Вычисленное значение f занести в Протокол № 1.

8. Измерить уровни виброскорости в октавных полосах частот. Для этого переключатель «Род измерений» установить в положение ФИЛЬТРЫ; а переключатель «Частота H_c » поочередно в положение 16; 31,5; 63 Гц. При измерении уровней виброскорости в октавных полосах частот пользуются только переключателем «Делитель II», устанавливая его в каждой октавной полосе частот в такое положение, при котором стрелка прибора измерительного устанавливается в правой части шкалы. Переключатель «Делитель I» остается в положении, при котором производилось измерение общего уровня виброскорости.

При измерении низкочастотных составляющих сигналов могут возникать флюктуации стрелки показывающего прибора. Для устранения флюктуации следует переключатель «Род работы» установить в положение МЕДЛЕННО.

Результаты измерений подсчитываются по формуле (19) и заносятся в Протокол № 1.

9. С помощью выключателя 5 снять напряжение с электродвигателя.

10. Для заданного преподавателем вида вибрации (общая транспортная, общая технологическая в производственных помещениях и т. д.) из ГОСТ 12.1.012-78 (табл. 1) определить соответствующий предельный спектр логарифмических уровней виброскорости, значения которых занести в Протокол № 1.

11. Сопоставить значения измеренных уровней виброскорости с предельно допустимыми. Вычислить величины требуемых снижений $\Delta L_v = L_{v_3} - L_{v_{норм}}$.

12. Для максимальной величины ΔL_v по формулам (13), (15) и (17) рассчитать необходимую суммарную жесткость вибризоляторов, а по (18) требуемую жесткость каждого из них. В расчетах принять массу вибрирующего агрегата равной $m = 33$ кг, количество виброизоляторов n задается преподавателем.

13. Из лабораторного банка выбрать виброизоляторы, ближайšie по жесткости с расчетными, и установить их ме-

жду двигателем и основанием лабораторного стенда. Для этого, используя подъемный механизм, приподнять двигатель и проложить виброизоляторы из упругих материалов непосредственно под станины, на которых закреплен двигатель, а пружинные виброизоляторы ввести в направляющие цилиндры.

14. Перевести выключатель 5 в положение ВКЛ и выполнить измерение виброскорости по п. 8 при установленных виброизоляторах.

Полученные результаты занести в Протокол № 1.

15. Вывести ЛАТР 6 в нулевое состояние, с помощью подъемного механизма 3, установить электродвигатель 2 на основание 1 без виброизоляторов.

16. Выполнить исследование эффективности виброизоляции при различных скоростях вращения электродвигателя 2.

1. Используя ЛАТР 6, последовательно подать на электродвигатель 2 напряжения питания, предусмотренные Протоколом № 2 (см. табл. 3). При этом для каждого режима

Таблица 3

Протокол № 2 исследования эффективности виброизоляции при различных скоростях вращения электродвигателя

$V, В$	20	30	40	50	60	70	80	90		
$N, об/мин$										
$f, Гц$										
$L_{v_3}, дБ$										
$L_{v_3}^1, дБ$										
$L_{v_3} - L_{v_3}^1$										
$KП = \frac{v'}{v}$										
$ВИ, дБ$										

вращения определить скорость N об/мин; пересчитать ее в частоту f Гц и в соответствии с п. 6 измерить общий уровень виброскорости — L_{v_3} , дБ.

Результаты измерений занести в Протокол № 2.

2. Плавно увеличивая или уменьшая в заданном диапазоне напряжение на электродвигателе 2, зафиксировать точку резонанса (по максимуму показания прибора ПИ-6). Измеренные в этой точке N об/мин; f , Гц и L_{v_3} дБ занести в Протокол № 2.

3. Вывести ЛАТР 6 в нулевое состояние и с помощью подъемного механизма 3 установить электродвигатель 2 на виброизоляторы.

4. Выполнить эксперименты по п. 16.1 в части измерения общего уровня виброскорости — $L_{v_3}^1$, (дБ) и по п. 16.2 в полном объеме.

5. Для каждого режима вращения определить: разницу между уровнями виброскорости при установленных виброизоляторах и без них ($L_{v_3} - L_{v_3}^1$); с помощью данных табл. 4

Таблица 4

Перевод разных уровней виброскорости в отношении абсолютных значений виброскорости

Разность уровней виброскоростей, дБ	Отношение виброскоростей	Разность уровней виброскоростей, дБ	Отношение виброскоростей
0	1		
1	1,12	21	11,2
2	1,26	22	12,6
3	1,41	23	14,1
4	1,58	24	15,8
5	1,78	25	17,8
6	2,0	26	20,0
8	2,24	27	22,4
7	2,51	28	25,1
9	2,82	29	28,2
10	3,16	30	31,6
11	3,55	31	35,5
12	3,98	32	39,8
13	4,47	33	44,7
14	5,01	34	50,1
15	5,62	35	56,2
16	6,31	36	63,1
17	7,08	37	70,8
18	7,94	38	79,4
19	8,91	39	89,1
20	10	40	100

соответствующее значение коэффициента передачи — КП; вычислить по формуле (6) эффективность виброизоляции — ВИ, дБ.

Все результаты занести в Протокол № 2, см. табл. 4. Построить в одних осях координат графики зависимости L_{v_3} , $L_{v_3}^1$ КП, ВИ от частоты f .

17. Привести лабораторную установку в исходное состояние. Сделать выводы по результатам санитарно-гигиенической оценки вибрации (Протокол № 1) и исследованию эффективности виброизоляции при различных скоростях вращения электродвигателя (Протокол № 2).

Выполнить проверку самоподготовки по контрольным вопросам.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение и классификацию вибрации.
2. В чем заключается вредное воздействие вибрации на организм человека?
3. Какими параметрами определяется степень воздействия вибрации?
4. Какие должны соблюдаться требования при измерении вибрации?
5. Параметры вибрации, нормируемые ГОСТом 12.1.012—78.
6. В каких диапазонах частот установлены гигиенические нормы для общей и локальной вибрации?
7. Для какой длительности воздействия установлены гигиенические нормы вибрации?
8. Показатель оценки качества виброизоляции. В чем его физический смысл?
9. От чего зависит частота собственных колебаний агрегата, установленного на виброизоляторы?
10. Каково требуемое соотношение частот вынужденных и собственных колебаний при виброизоляции?
11. В чем заключается расчет виброизоляторов?
12. Какие параметры вибрации измеряются аппаратурой ИШВ-1?
13. Принцип работы вибропреобразователя Д13.
14. Назначение предусилителя и октавных фильтров.
15. В каком положении переключателя «Род измерения» прибора ПИ-6 исследуется спектр вибраций?
16. Как подсчитывается величина измеряемого параметра вибрации по показаниям измерительного прибора ИШВ-1?
17. Измеряется ли эффективность виброизоляторов с изменением скорости вращения электродвигателя?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Охрана труда в машиностроении/Под ред. Е. Я. Юдина и С. В. Белова.— Машиностроение, 1983, 432 с.
2. ГОСТ 12.2.012—78. Вибрация. Общие требования безопасности. М.: Стройиздат, 1983.
3. ГОСТ 12.1.034—81. Вибрация. Общие требования к проведению измерений. М.: Стройиздат, 1982. 6 с.
4. Руководство по проектированию виброизоляции машин и оборудования. М.: Стройиздат, 1972. 160 с.
5. ГОСТ 12.4.093—80. Вибрации. Машины стационарные. Расчет виброизоляции поддерживающей конструкции. М.: Стройиздат, 1981. 40 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Воздействие вибрации на организм человека	3
2. Основные параметры вибрации	4
3. Санитарно-гигиеническое нормирование вибрации	6
4. Виброизоляция	6
5. Лабораторная установка для исследования вибраций	12
6. Порядок выполнения работы	15
Контрольные вопросы	20
Список литературы	21

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ВИБРАЦИЙ

Методические указания к лабораторной работе № 5

Редактор Г. А. Чоботова

Технический редактор Н. Н. Васильева

Сдано в набор 21.03.88 г. Подп. к печ. 21.09.88 г.
Формат 60×84¹/₁₆. Печ. л. 1,375. Уч.-изд. л. 1,1. Зак. 720. Тир. 600.
Изд. № 225. Бесплатно.

Редакционно-издательский отдел МИИТа
101475, Москва А-55, ул. Образцова, 15
Типография МИИТа