

Минобрнауки Российской Федерации  
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е.Алексеева  
Кафедра "Производственная безопасность, экология и химия»"

## **ОЦЕНКА ВИБРОИЗОЛЯЦИИ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

Методические указания к лабораторной работе по дисциплине БЖД  
для студентов всех направлений подготовки

Нижний Новгород  
2014

6

Составители А.Б.Елькин  
УДК 534.63.08

Оценка виброизоляции машин и механизмов: Метод. указания к лаб. работе по курсу БЖД для студентов всех специальностей /НГТУ; Сост.: А.Б. Елькин, М.В. Н.Новгород, 2014. 9 с.

Утверждено на заседании кафедры ПБЭиХ 20 ноября 2014 г., протокол № 2.

## I. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Получение практических навыков по измерению параметров вибрации, определение их предельно допустимых значений по ГОСТ 12.1.012-90 и оценка эффективности виброизолирующего устройства при различной частоте возбуждения.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Научно-технический прогресс, рост мощностей промышленных объектов, увеличение скоростей перемещения механизмов, увеличение нагрузок, а также уменьшение металлоемкости оборудования приводит к возрастанию производственных вибраций. Воздействие вибрации не только ухудшает самочувствие человека и снижает производительность труда, но часто приводит к тяжелому профессиональному заболеванию — виброболезни. Наибольшее число заболеваний виброболезнью у рабочих, связанных с вибрацией, передаваемой на руки в таких отраслях промышленности; как цветная и черная металлургия, авиа- и судостроение. В связи с этим вопросам защиты от вибрации придается большое значение.

### 2.1. Классификация и нормирование вибрации

Вибрация - это движение точки или механической системы, при которой происходит поочередное возрастание или убывание во времени значений по крайней мере одной координаты.

Причинами возникновения вибрации являются неуравновешенные силовые воздействия, например; возвратно-поступательные движущиеся системы, неуравновешенные вращающиеся массы, ударные процессы. По способу передачи на человека вибрация подразделяется на общую, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека;

локальную, передающуюся через руки человека. Направления действия вибрации определяются вдоль осей ортогональной системы координат, связанной с положением в пространстве тела или рук человека-оператора.

Для общей вибрации:  $Z_0$  - вертикальная ось, а  $X_0$  и  $Y_0$  - горизонтальные оси.

Для локальной вибрации:  $X_d$  - ось, параллельная оси охватываемых рукояток;  $Z_d$  - ось, близкая к направлению приложения силы или оси предплечья;  $Y_d$  - направлена от ладони.

Общую вибрацию по источнику ее возникновения подразделяют наследующие категории: 1 - транспортная вибрация; 2 - транспортно-технологическая вибрация; 3 тип "а" - технологическая вибрация; 3 тип "в" - вибрация на рабочих местах работников умственного труда и персонала, не занимающегося физическим трудом.

По временной характеристике различают постоянную вибрации, у которой контролируемый параметр за время наблюдения изменяется не более чем в 2 раза (на 6 дБ), и непостоянную вибрацию, у которой он изменяется более чем в 2 раза.

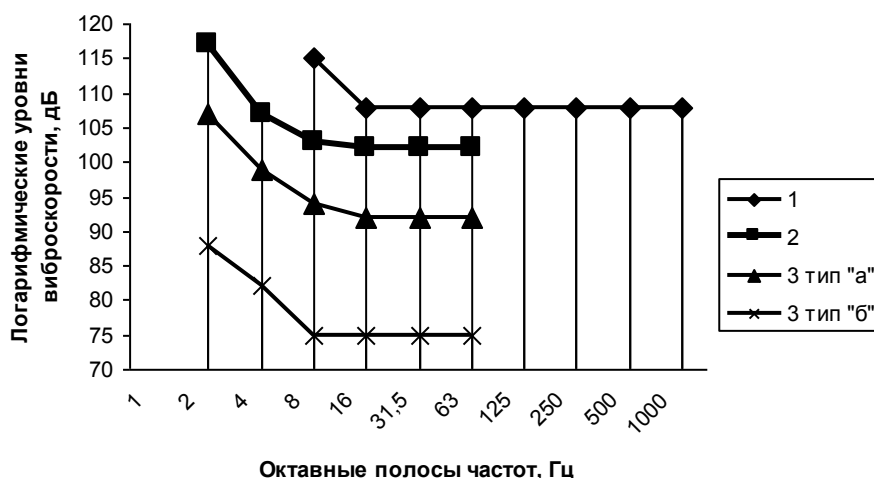


Рисунок 1. Спектры предельно допустимых значений уровней виброскорости I - локальная вибрация; 2 - транспортно-технологическая; 3 - технологическая

В результате систематического воздействия общей вибрации на человека происходит нарушение деятельности центральной нервной системы, что сопровождается быстрым утомлением, появлением головной боли, расстройством сна и прочим.

Локальная вибрация вызывает спазмы кровеносных сосудов, ухудшается снабжение конечностей кровью, действует на нервные окончания, мышечные и костные ткани. При этом наблюдается нарушение чувствительности кожи, окостенение сухожилий, мышц отложение солей в суставах кистей рук и пальцев, что приводит к их деформации, снижению подвижности суставов и вызывает боль.

Гигиеническую оценку вибрации, воздействующей на человека в производственных условиях, чаще всего производят частотным анализом нормируемого параметра. При этом нормируемыми параметрами являются средние квадратические значения виброскорости  $V$  и их логарифмические уровни  $L_v$  в октавных полосах частот.

Октавной полосой считается полоса частот, у которой отношение верхней граничной частоты к нижней равно  $2(f_2 / f_1 = 2)$ . Октавная полоса обозначается среднегеометрической частотой  $f_{с.г.} = \sqrt{f_1 * f_2}$ , Гц. Логарифмические уровни виброскорости  $L_v$  в дБ определяются по формуле

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{5 * 10^{-8}} \quad (2.1)$$

где  $V$  - среднее квадратическое значение виброскорости, м/с;

$5 \cdot 10^{-8}$  м/с - пороговое значение виброскорости.

Гигиенические нормы в логарифмических уровнях средних квадратических значений виброскорости для октавных полос частот согласно ГОСТ 12.1.012-90 "Вибрационная безопасность" приведены на рис. I. Предельно допустимые уровни виброскорости установлены с учетом вида вибрации для длительности воздействия 480 мин (8 час).

## 2.2. Защита от вибрации

Для защиты от вибрации применяются следующие способы.

Ослабление вибрации в источнике возникновения, что обеспечивается заменой ударных процессов безударными, кривошинных механизмов равномерно вращающимися или механизмами с гидроприводом. Вибрацию в источнике можно снизить путем модернизации инструмента, применения косозубых и шевронных зубчатых зацеплений, подшипников скольжения, повышением класса точности обработки деталей. На этапе эксплуатации снижение вибрации в источнике достигается путем балансировки вращающихся масс.

Вибродемпфирование - это увеличение сил внутреннего или поверхностного трения, либо сил вязкости в колебательных системах. Для этого в конструкциях машин широко используются материалы с высокой демпфирующей способностью, например, сплавы цветных металлов, полимеры, резина и т.п.

Виброгашение - это снижение вибрации за счет увеличения реактивного сопротивления системы. Для этого между основанием и машиной устанавливают массивную опорную плиту (пассивное виброгашение) или же с помощью крепления к колебательной системе дополнительной массы, уменьшающей вибрацию за счет реакции виброгасителя (активное виброгашение).

Отстройка от режима резонанса заключается в исключении совпадения частоты вынуждающей силы и частоты собственных колебаний системы. Это достигается изменением частоты вынужденных колебаний (режима работы машины), либо частоты собственных колебаний путем или уменьшения жесткости системы, или массы машины.

Виброизоляция - это устранение жесткой связи между источником ее возбуждения и защищаемым объектом. Для этого между колеблющейся машиной и объектом устанавливают виброизоляторы. В качестве виброизоляторов применяются стальные пружины, резиновые прокладки, пневмо- и гидроустройства и т.п.

Пружины лучше изолируют колебания низкой частоты, резиновые прокладки изолируют высокочастотные колебания. Пневмо-гидравлические амортизаторы позволяют регулировать жесткость системы и задерживают супернизкие частоты.

В данной лабораторной работе исследуется эффективность пружинных виброизоляторов, с помощью которых устраняется жесткая связь между источником образования колебательной энергии и основанием.

Эффективность работы виброизолирующих устройств характеризуется коэффициентом виброизоляции КП (коэффициент передачи), который показывает, какая доля колебательной энергии передается от источника ее образования основанию (фундаменту), и определяется из выражения

$$КП = \frac{1}{(f/f_0)^2 - 1}, \quad (2.2)$$

где  $f$  - частота вынужденных колебаний, Гц.

В данном случае определяется числом оборотов электродвигателя в минуту,  $f = n/60$ ,  $n$  - число оборотов в минуту,

$f_0$  - частота собственных колебаний виброизолированной машины, Гц,

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{S_{cm}}}, \quad (2.3)$$

где  $S_{cm} = P/K$  - статическая осадка виброизолятора под действием внешней силы  $P$  (собственной массы машины), Н;  $K$  - жесткость амортизатора, Н/м;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  - ускорение свободного падения. Статическая осадка амортизатора данной лабораторной установки составляет 0,005 м.

Из выражения (2.2) следует, что амортизаторы начинают приносить эффект ( $КП < 1$ ) лишь при частоте возмущения  $f \gg f_0$ . При  $f \leq f_0 \sqrt{2}$  виброизоляторы полностью передают вибрацию фундаменту ( $КП = 1$ ) или даже усиливают ее ( $КП > 1$ ). Эффект виброизоляции тем выше, чем больше отношение  $f/f_0$ . Улучшить виброизоляции фундамента при заданной частоте возмущающей силы можно путем снижения жесткости амортизаторов или увеличением массы машины. Однако, чрезмерное увеличение отношения  $f/f_0$  ведет к увеличению высоты амортизаторов и потере устойчивости системы. Оптимальное соотношение  $f/f_0 = 3-4$ , что используется при расчете виброизоляторов.

### 3. ОПИСАНИЕ ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ, ПРИБОРОВ И ОБОРУДОВАНИЯ

Измерение параметров вибрации и оценка эффективности виброизоляции производится на вибростенде, схема которого представлена на рис. 2.

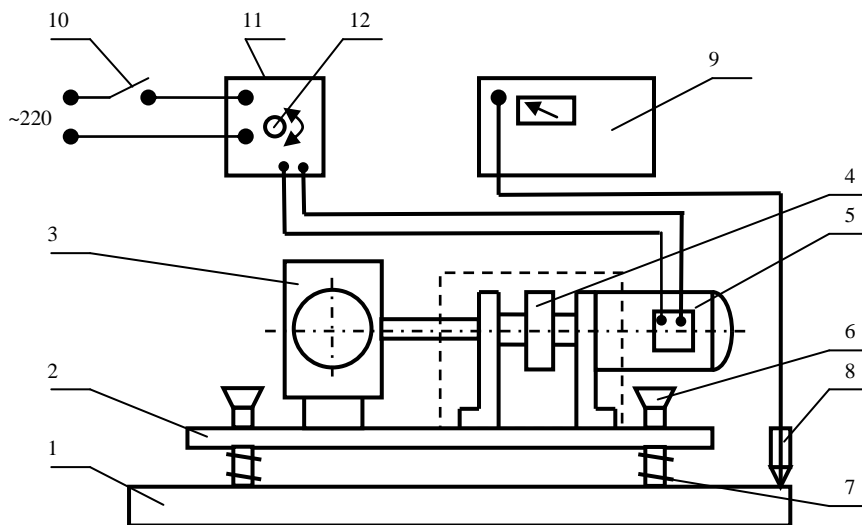


Рисунок 2. Схема лабораторного стенда

1 - фундаментальная плита; 2 - монтажная плита механизма; 3 - тахометр; 4 - маховик; 5 - электродвигатель; 6 - прижимной винт; 7 - виброизоляторы; 8 - датчик измерения вибрации; 9 - прибор для измерения вибрации ВИП-2; 10 - тумблер включения стенда; II - тумблер включения электродвигателя; 12 - резистор изменения частоты вращения двигателя.

Объектом исследования является вибрация фундаментной плиты I, возникающая в результате вращения неуравновешенного маховика 4. Монтажная плита механизма 2, с которой вибрация передается на фундаментную плиту, может быть жестко соединена с ней с помощью прижимных винтов 6 или же установлена на виброизоляторах 7. Включение электродвигателя 5 производится тумблером II. Частота вращения регулируется резистором 12 и фиксируется по тахометру 3.

Измерение вибрации производится виброизмерительным прибором ВИП-2 (9) с помощью измерительного щупа (8). Прибор позволяет измерять среднеквадратичные значения виброскорости в диапазоне 0,01--100 мм/с. При измерении виброскорости переключатель "Род работы" ставится в положение мм/С, щупом вибродатчика прикасаются к вибрирующей поверхности, держа его в вертикальном положении. Значение виброскорости фиксируется по верхней шкале прибора в соответствии с положением переключателя "Диапазон измерений" 1,3, 10, 30 или 100 мм/с. По окончании измерений переключатель "Род работы" поставить в положение "откл."

## 4. ОХРАНА ТРУДА

4.1. Включение установки производить только после ознакомления с порядком выполнения работы и получением задания.

4.2. Работать на установке только при наличии защитного кожуха вибрационного устройства. Снимать кожух вибрационного устройства во время работы электродвигателя запрещается.

4.3. Перед включением питания стенда (тумблер 10) убедиться, что все органы управления и включения приборов стоят в положении "выключено".

4.4. При обнаружении каких-либо неполадок в работе стенда немедленно поставить в известность преподавателя.

## 5. ЗАДАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

В данной работе необходимо провести исследование эффективности работы виброизоляторов (пружин) в зависимости от скорости вращения электродвигателя. Построить графические зависимости уровней виброскорости, возникающих на фундаменте во время работы стенда на разных частотах при наличии и отсутствии виброизоляции. Сравнить полученные результаты со спектром допустимых уровней виброскорости по ГОСТ 12.1.012-90. Сопоставить результаты экспериментов с теоретическими и сделать выводы по работе.

Работу следует выполнять в следующем порядке:

5.1. Прижимными винтами б жестко закрепить монтажную плиту с фундаментом, что позволяет полностью отключить виброизоляцию. Включить питание стенда и установить частоту вращения двигателя 900 об/мин, измерить среднее квадратическое значение виброскорости в одной точке фундаментной плиты по заданию преподавателя. Затем произвести измерения виброскорости в той же точке фундаментной плиты при частоте вращения электродвигателя 1500, 1800 и 2400 об/мин. Полученные результаты записать в таблицу.

Таблица Результаты измерений

Состояние виброизоляция	Частота вибрации, $f$ , Гц	Среднеквадратическое значение виброскорости $V$ , мм/с	Уровень виброскорости $L_v$ , дБ
Без виброизоляции	15		
	25		
	30		
	40		
При наличии виброизоляции	15		
	25		
	30		
	40		



После окончания измерений плавно вывести частоту вращения двигателя до нуля и выключить электродвигатель.

5.2. Отвернуть прижимные винты 6 до полного освобождения пружинных амортизаторов, что обеспечивает включение виброизоляции. Включить электродвигатель и проделать аналогичные измерения согласно п. 5.1.

5.3. Определить логарифмические уровни измеренных средних квадратических значений виброскорости по формуле 2.1 и записать в табл. I.

5.4. Построить график изменения уровней виброскорости в зависимости от частоты вращения электродвигателя при наличии и отсутствии виброизоляции. Нанести на график значения предельно допустимых уровней виброскорости для технологической вибрации.

5.5. Определить частоту собственных колебаний установки по формуле 2.3. Вычислить с помощью выражения 2.2 коэффициенты передачи при работе установки на заданных частотах: 15, 25, 30 и 40 Гц, используя выражение  $\Delta L = 20 \lg 1/KP$ , дБ. Определить теоретическую (предполагаемую) эффективность виброизоляции при различной частоте вращения электродвигателя ( $\Delta L_{15}, \Delta L_{25}, \Delta L_{30}$  и  $\Delta L_{40}$ ).

5.6. Проанализировать полученные результаты и сделать вывод об эффективности работы виброизоляции при различной частоте вращения электродвигателя.

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Название и список исполнителей работы. Цель работы. Результаты измерений и расчетов в виде таблиц и графиков. Выводы.

## 7. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОПОДГОТОВКИ

- 7.1. Основные причины появления вибрации.
- 7.2. Вида вибрации по источнику возникновения и воздействию на человека.
- 7.3. В чем заключается вредное воздействие вибрации на организм человека?
- 7.4. Как определить предельно допустимые значения вибрации?
- 7.5. Назовите основные способы защиты от вибрации.
- 7.6. От чего зависит эффективность виброизоляции?
- 7.7. Что используется в качестве виброизоляторов?
- 7.8. Как теоретически определить эффективность виброизоляции?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 12.1.012-90. Вибрационная безопасность.
2. Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов/Е.Я. Один, С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.; Под ред. З.Я. Юдина, С.В. Белова - М.: Машиностроение, 1983. 432 с., ил.