

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра безопасности жизнедеятельности

Е.Л. Горшенина

РАСЧЕТ ВИБРОАМОРТИЗАТОРОВ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Оренбургский государственный университет»
для обучающихся по образовательной программе высшего образования для
всех направлений подготовки

Оренбург
2018

УДК 621.81(076.5)

ББК 34.44я7

Г70

Рецензент - кандидат технических наук, доцент В.А. Солопова

Горшенина, Е.Л.

Г 70 Расчет виброамортизаторов: методические указания /
Е.Л.Горшенина; - Оренбург: Оренбургский гос. ун-т , 2018.- 20 с.

Методические указания содержат введение, основные формулы для расчетов виброамортизаторов, амортизаторов из упругих материалов, задачи для самостоятельного решения по вариантам.

Методические указания предназначены для обучающихся по образовательной программе высшего образования для всех направлений подготовки, изучающих дисциплину «Безопасность жизнедеятельности»

УДК 621.81(076.5)

ББК 34.44я7

© Горшенина Е.Л., 2018

© ОГУ, 2018

Содержание

Введение	4
1 Расчет виброамортизаторов	10
2 Расчет амортизаторов из упругих материалов (резина, пробка, войлок и др.)	10
3 Расчет пружинных амортизаторов	12
4 Задачи	14
4.1 Задача 1	14
4.2 Задача 2	14
4.3 Задача 3	15
Список использованных источников	16
Приложение А	17
Приложение Б	18
Приложение В	19
Приложение Г	20

Введение

Малые механические колебания, возникающие в упругих телах, находящихся под воздействием переменного физического поля, называются **вибрацией**.

Воздействие вибрации на человека классифицируют:

а) По способу передачи колебаний:

- 1) общая;
- 2) локальная;
- 3) толчкообразная.

б) По направлению действия вибрации:

- 1) вертикальная;
- 2) горизонтальная.

в) По временной характеристике вибрации:

- 1) постоянная;
- 2) непостоянная.

Причиной вибрации являются неуравновешенные силовые воздействия. Вибрации находят полезное применение в медицине (вибромассаж) и в технике (вибраторы). Однако, длительное воздействие вибрации на человека является опасным.

Среди профессиональных заболеваний вибрационная болезнь занимает одно из ведущих мест. Этиологическим фактором развития заболевания является производственная вибрация. Такие сопутствующие факторы, как статико-динамические нагрузки, охлаждение и смачивание рук, шум, вынужденная рабочая поза, уменьшают сроки развития заболевания и обуславливают некоторые особенности клинической картины заболевания.

Наиболее высокая заболеваемость вибрационной болезнью регистрируется на предприятиях тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения, горнорудной промышленности и составляет 9.8 случая на 100 тысяч работающих.

В зависимости от характера контакта тела рабочего с вибрацией условно различают местную (локальную) и общую (вибрация рабочих мест).

Общую вибрацию по источнику ее возникновения и возможности регулирования ее интенсивности оператором подразделяют на следующие категории (ГОСТ 12.1.012-2004) Вибрационная безопасность. Общие требования):

Категория I – транспортная вибрация, воздействующая на оператора на рабочих местах, самоходных и прицепных машинах и транспортных средствах при их движении по местности, агрофону и дорогам, в том числе при их строительстве; при этом оператор может активно, в известных пределах, регулировать воздействие вибрации.

Категория II – транспортно-технологическая вибрация, воздействующая на человека – оператора на рабочих местах машин с ограниченной подвижностью при перемещении их по специально подготовленным поверхностям производственных помещений, промышленных площадок и горных выработок; при этом оператор может лишь иногда регулировать воздействие вибрации.

Категория 3а – технологическая вибрация, воздействующая на оператора на рабочих местах стационарных машин или передающаяся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

Категория 3б – вибрация на рабочих местах работников умственного труда и персонала, не занимающегося физическим трудом. К ней относятся рабочие места на промышленных кранах, у станков метало- и деревообрабатывающих, кузнечно-прессового оборудования, литейных машин и другого стационарного технологического оборудования.

При локальном воздействии вибрация передается преимущественно через верхние конечности работающих при удержании руками виброинструмента деталей в случае обработки их на оборудовании, генерирующем вибрацию. Локальная вибрация имеет место в таких массовых профессиях как обрубщики,

формовщики ручной формовки; слесари механосборочных работ, полировщики, клепальщики, проходчики, забойщики и др.

В секторе локальной вибрации условно выделяют низкочастотную (до 16 Гц), среднечастотную (от 125 до 1000 Гц) составляющие. Наибольшее значение в отношении опасности развития вибрационной болезни имеет вибрация в диапазоне 16-250 Гц.

Особенно опасна толчкообразная вибрация, вызывающая микротравмы различных тканей.

Действию общей вибрации подвергается весь организм человека через пол, сиденье, обрабатываемое железобетонное изделие, при работе на транспорте, сельскохозяйственной и горнодобывающей технике, обслуживании технологического оборудования. Чаще всего действию вибрации рабочих мест подвергаются водители большегрузных машин, механизаторы сельского хозяйства, бульдозеристы, машинисты экскаваторов и буровых станков. Для современного производства характерны относительно низкие уровни вибрации с преобладанием низкочастотного спектра в октавах 1-8 Гц.

Низкочастотные вибрации в отличие от высокочастотных хорошо распространяются по всему телу.

В производственных условиях нередко имеет место сочетанное воздействие общей и локальной вибрации. Так комбинированное воздействие вибрации при работе на транспортном оборудовании, где, помимо общей вибрации, передается локальная вибрация на рычагах (руле) управления.

Вибрации характеризуются частотой и амплитудой смещения, скоростью и ускорением. Особенно вредны вибрации с вынужденной частотой, совпадающей с частотой собственных колебаний тела человека и его отдельных органов (для тела человека 6-9 Гц, головы 6 Гц, желудка 8 Гц, других органов - в пределах 25 Гц).

Частотный диапазон расстройств зрительных восприятий лежит между 60 и 90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок.

При работе строительных машин и технологических процессов существуют вертикальные и горизонтальные толчки и тряска, сопровождающиеся возникновением периодических импульсных ускорений. При частоте колебаний от 1 до 10 Гц предельные ускорения равны 10 мм/с и являются неощутимыми, 40 мм/с - сильно ощутимыми и 1000 мм/с - вредными. Низкочастотные колебания с ускорением 4000 мм/с - непереносимые.

Выделяют три степени выраженности заболевания:

- 1) Начальные проявления, компенсированные;
- 2) Умеренно выраженные проявления, субкомпенсированные;
- 3) Выраженные проявления вибрационной болезни, декомпенсированные.

Гигиеническое нормирование вибраций регламентирует параметры производственной вибрации и правила работы с виброопасными механизмами и оборудованием, ГОСТ 12.1.12-2004 «Вибрационная безопасность. Общие требования», Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.556-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий». Документы устанавливают: классификацию вибраций, методы гигиенической оценки, нормируемые параметры и их допустимые значения, режимы труда лиц виброопасных профессий, подвергающихся воздействию локальной вибрации, требования к обеспечению вибробезопасности и к вибрационным характеристикам машин.

Профилактика вибрационной болезни должна включать организационно-технические, санитарно-гигиенические и лечебно-профилактические мероприятия. Использование инструмента и оборудования, которые генерируют безопасные уровни вибрации, правильная организация труда с ограничением времени контакта с вибрацией, так называемая защита временем, предотвращают развитие вибрационной патологии.

Профилактическое лечение направлено на повышение общей сопротивляемости организма и включает: физическое закаливание, рациональное питание, лечение физическими факторами (массаж и самомассаж, лечебная физическая культура, сухое тепло и др.). Большая роль

при этом отводятся санаториям-профилакториям. В профилактическом лечении в первую очередь нуждаются лица с отдельными признаками воздействия вибрации, а также высокостажированные рабочие тех профессий, в которых вероятность развития вибрационной болезни достаточно высока.

Важной мерой медицинской профилактики является проведение качественных предварительных, периодических медицинских осмотров.

При проведении предварительных и периодических (раз в один-два года) медицинских осмотров у работников, подвергающихся действию вибрации, обязательно исследуется вибрационная чувствительность и пр. данные физиологических исследований, проведенных при поступлении на работу, позволяют выявить лиц, имеющих индивидуальные особенности организма, способствующие более раннему развитию вибрационной болезни (группы риска). Таких людей не рекомендуется принимать на работу, связанную с воздействием вибрации, особенно в сочетании с выраженными локальными нагрузками на мышцы рук, так как у них высокий исходный порог вибрационной чувствительности.

Существует несколько основных направлений борьбы с вибрацией.

Борьба с вибрацией в источнике ее возникновения предполагает конструирование и проектирование таких машин и технологических процессов, в которых исключены или снижены неуравновешенные силы, отсутствует ударное взаимодействие деталей, вместо подшипников качения используют подшипники скольжения.

Применение специальных видов зацепления и чистоты поверхности шестерен позволяют снизить уровень вибрации на 3-4 дБ. Устранение дисбаланса вращающихся масс достигается балансировкой.

Отстройка от режима резонанса достигается либо изменением характеристик системы (массы и жесткости), либо изменением угловой скорости. Жесткостные характеристики системы изменяются введением в конструкцию ребер жесткости или изменением ее упругих характеристик.

Вибродемпфирование - это снижение вибрации объекта путем превращения ее энергии в другие виды (в конечном счете - тепловую). Увеличение потерь энергии возможно достичь разными приемами: использованием материалов с большим внутренним трением; использованием пластмасс, дерева, резины; нанесением слоя упруго-вязких материалов, обладающий большими потерями на внутреннее трение (рубероид, фольга, мастики, пластические материалы и др.). Толщина покрытий берется равной 2-3 толщину демпфируемого элемента конструкции. Хорошо демпфируют колебания смазочные масла.

Виброгашение - это способ снижения вибрации путем введения в систему дополнительных реактивных сопротивлений. Чаще всего для этого вибрирующие агрегаты устанавливают на массивные фундаменты.

Виброизоляция является основным средством борьбы с распространением вибраций, за счет снижения колебательной энергии по пути ее распространения к излучателю. Производственные агрегаты, в которых обычно возникает вибрация, передает эти колебания основанию и фундаменту.

Для ослабления передачи вибрации от источника к основанию широкое применение находят амортизаторы в виде стальных пружин, листовых рессор, упругих материалов: резины, пробки, асбеста и др. Кроме того, применяются гидравлические, пневматические и комбинированные амортизаторы, виброплощадки на воздушных подушках, гибкие вставки и гибкие прокладки.

Необходимые типы амортизаторов выбирают в зависимости от диапазона частот вынужденных колебаний.

1 Расчет виброамортизаторов

Показателем эффективности какого-либо амортизатора является коэффициент передачи виброизоляции K_n . Этот коэффициент показывает, какая доля динамической силы агрегата передается амортизатором фундаменту. Виброизоляция тем лучше, чем меньше значение коэффициента.

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

где K_n – коэффициент передачи виброизоляции;

f – частота вынужденных колебаний, Гц;

f_0 – частота собственных колебаний, Гц.

Для получения положительного результата должно выполняться условие $f/f_0 > 1,41$, а значительный эффект получается при $f/f_0 = 4$.

2 Расчет амортизаторов из упругих материалов (резина, пробка, войлок и др.)

Следующий порядок:

2.1 Определяется частота возмущающей силы:

$$f = \frac{n}{60}, \quad (2)$$

где f – частота возмущающей силы, Гц;

n – частота вращения шкива машины, об/мин.

2.2 Рассчитывается частота собственных колебаний по статической осадке амортизатора:

$$f_0 = \frac{5}{\sqrt{x_{ст}}} , \quad (3)$$

где: f_0 – частота собственных колебаний, Гц;

$x_{ст}$ – величина статической осадки материала (см. таблицу 1).

2.3 По частоте вынужденных колебаний f выбирается материал для виброизолятора (таблица 1), принимается его высота (h) и определяется количество прокладок.

2.4 Вычисляется суммарная жесткость всех амортизаторов:

$$K = \frac{Pf_0^2}{25} , \quad (4)$$

где K – суммарная жесткость амортизаторов, Н/см;

P – вес установки, Н (Ньютон).

2.5 Определяется площадь поперечного сечения всех амортизаторов:

$$S = \frac{P}{\delta} , \quad (5)$$

где S - площадь поперечного сечения амортизатора, см²;

δ - расчетное статическое напряжение в материале амортизатора, Па (таблица 1).

2.6 Определяется площадь поперечного сечения одного виброизолятора, приняв их определенное количество:

$$S^1 = \frac{S}{N}, \quad (6)$$

где: S^1 - площадь поперечного сечения одного виброизолятора, см²;

N – количество виброизоляторов.

2.7 Определяется коэффициент виброизоляции выбранных амортизаторов с принятыми геометрическими размерами на частотах $f = 16, 31, 63$ Гц по формуле 1:

$$K_n = \frac{f}{(f / f_0)^2 - 1}$$

2.8 Делается вывод об эффективности виброизоляторов.

3 Расчет пружинных амортизаторов

Суть расчета сводится к определению или подбору пружины с определением ее основных размеров. Наиболее распространены – витые цилиндрические пружины круглого сечения.

Параметры пружины:

d – диаметр проволоки, см;

D – средний диаметр пружины, см;

$C = D/d$ – индекс (основная характеристика) пружины;

t – шаг витков, см;

H_1 – полная высота пружины в свободном состоянии, см;

i – число рабочих витков;

i_1 – общее число витков.

Следующий порядок расчета:

3.1 Определяется частота вынужденных колебаний по формуле: $f = \frac{n}{60}$

(см. формулу 2). Частота собственных колебаний принимается из расчета:

$$\frac{f}{f_0} \geq 4.$$

3.2 Определяется суммарная жесткость пружин амортизаторов:

$$K_c = \frac{P f_0^2}{25}, \quad (7)$$

где: K_c – суммарная жесткость пружин, Н/см;

P – вес плиты и установленного на ней оборудования, Н;

f_0 – частота свободных вертикальных колебаний системы, Гц.

3.3 Исходя из условий продольной устойчивости плиты, выбирается число пружин и схема их расположения.

3.4 Определяется жесткость одной пружины:

$$K_{\text{пр}} = \frac{K_c}{m}, \quad (8)$$

где: $K_{\text{пр}}$ – жесткость одной пружины, Н/см;

m – число пружин

3.5 Определяется расчетная нагрузка на одну пружину:

$$P_{\text{пр}} = \frac{P}{m}, \quad (9)$$

$P_{\text{пр}}$ – расчетная нагрузка на одну пружину, Н;

P – вес плиты и оборудования, Н;

m – число пружин.

3.6 Производится расчет диаметра проволоки пружины (прутка)

$$d = 1.6 \sqrt{\frac{\alpha P_{\text{пр}} C}{[\tau]}} , \quad (10)$$

где: d – диаметр проволоки, см;

α - коэффициент, зависящий от индекса пружины, определяется по графику (рисунок 1);

$P_{\text{пр}}$ – расчетная нагрузка, приходящаяся на одну пружину, Н;

$C = D/d$ – индекс пружины, рекомендуется принимать 4...10

D – средний диаметр пружины, см

$[\tau]$ - допустимое напряжение на срез для материала пружины, Па
(таблица 2)

4 Задачи

4.1 Задача 1

Определить какая часть динамических сил от вибрации частотой f , Гц, создающейся электродвигателем будет изолирована прокладкой (пробка) толщиной b , см.

4.2 Задача 2

Рассчитать вибрацию электродвигателя весом $P=1000\text{Н}$ частотой вращения n , об/мин, если вес фундамента в 4 раза больше электродвигателя. Фундамент изолирован прокладкой от двигателя – мягкая резина, толщина b , см.

4.3 Задача 3

На металлической раме весом 1500 Н смонтирован вентилятор весом P , Н с частотой вращения ротора 600 об/мин. На этой же раме есть электродвигатель 1500 Н с частотой вращения вала 1200 об/мин. Привод вентилятора осуществляется с помощью клиноременной передачи.

Рассчитать виброизоляцию аппарата, если он установлен на 4-х амортизаторах.

Список использованных источников

1 Василенко, В.А. Методические указания к выполнению раздела «Безопасность и экологичность проекта» при дипломном проектировании «Расчет виброамортизаторов». / В.А. Василенко, Л.Г. Проскурина: Оренбург, 1994. – 12 с.

2 Устименко, Р.С. Обзор основных направлений борьбы с вибрацией машин и оборудования / Р.С. Устименко, К.В. Марусич. // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 4-6 февр. 2015 г., Оренбург / М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбургский гос. ун-т". - Оренбург, 2015. - . - С. 144-149.

3 Прокопенко, Л.В. Гигиеническое нормирование производственных вибраций в современных условиях: гармонизация отечественных и зарубежных подходов / Л.В. Прокопенко, О.К. Кравченко, Н.Н. Курьеров // Медицина труда и промышленная экология, 2009. - № 9. - С. 1-9. - Библиогр.: с. 8-9 (10 назв.).

4 Бутримова, Е.В. Автоматизация прогнозирования уровней вибрации в различных точках конструктивных элементов металлорежущих станков / Е.В. Бутримова // Безопасность жизнедеятельности, 2015. - № 6. - С. 18-23.

Приложение А

Допустимое напряжение и величина статической осадки $x_{ст}$

Таблица А . 1 - Допустимое напряжение и величина статической осадки

$x_{ст}$

Материалы	δ , Па	$x_{ст}$, см
Губчатая резина	2,94	$0,01 \cdot h$
Мягкая резина	7,84	$0,016 \cdot h$
Ребристая резиновая плита с отверстиями	7,84 - 9,31	$0,02 \cdot h$
Резина средней жесткости	29,43 – 39,24	$(0,015 – 0,016) \cdot h$
Пробка натуральная	14,71 – 19,62	$0,05 \cdot h$
Плита из пробковой крошки	5,48 – 9,81	$(0,010 – 0,017) \cdot h$
Войлок мягкий	1,96 – 2,94	$(0,010 – 0,015) \cdot h$
Войлок жесткий прессованный	13,83	$0,0155 \cdot h$

Приложение Б

Допускаемые предельные напряжения для витых пружин

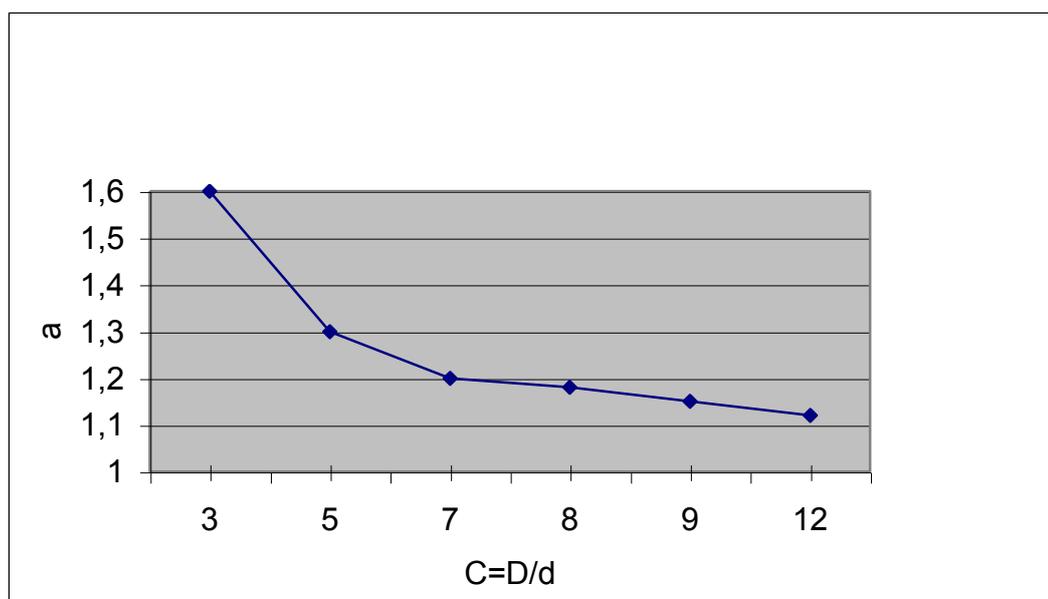
Таблица Б.1 - Допускаемые предельные напряжения для витых пружин

Материал	Диаметр проволоки, d, мм	[τ], Па		
		I группа	II группа	III группа
6002 и 6002Н2А	5-42	$392,4 \cdot 10^5$	$735,75 \cdot 10^5$	$735,75 \cdot 10^5$
50ХОРА	5-42	$327,4 \cdot 10^5$	$735,75 \cdot 10^5$	-
4 x 13	1-42	$294,3 \cdot 10^5$	$431,45 \cdot 10^5$	-
Бр КМц 3-1	0,3-10	$2,94 \cdot 10^5$	$4,91 \cdot 10^5$	-
Бр ОЦЧ-3	0,3-10	$1,16 \cdot 10^5$	$3,27 \cdot 10^5$	-

Приложение В

Зависимость коэффициента α от индекса пружины $C=D/d$

Рисунок В.1 – Зависимость коэффициента α от индекса пружины $C = D/d$



Приложение Г

Варианты для решения задач

Таблица Г.1 – Варианты для решения задач

Вариант	Задача 1		Задача 2		Задача 3
	f, Гц	b, см	n, об/мин	b, см	P, об/мин
1	100	3	5000	6	5000
2	70	2	4555	5	4500
3	75	4	4655	4	4600
4	80	5	4755	3	4700
5	85	6	4855	2	4800
6	90	3	4900	3	4900
7	95	4	4955	4	5100
8	105	5	5100	5	5200
9	110	6	5200	6	5300
10	120	5	5150	7	5400
11	125	4	5250	8	5500
12	130	3	5300	7	4550
13	135	2	5155	6	4650
14	140	3	5255	5	4750
15	145	4	5300	4	4850
16	150	5	5355	3	4950
17	103	6	5400	8	5150
18	107	5	5500	7	5050
19	115	4	5050	6	5250
20	73	3	5255	5	5350
21	83	2	4998	4	5450
22	93	3	4956	6	5550
23	93	4	4890	5	5650
24	108	5	4790	7	5600
25	87	6	4899	8	5650