

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА»

Кафедра «Производственная безопасность, экология и химия»

Расчет пружинных виброизоляторов

*Учебно-методическое пособие к выполнению практической работы
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности» для студентов всех
направлений подготовки и форм обучения*



Нижний Новгород 2025

Составители: О.В. Маслеева, И.Г. Трунова, Н.С. Конюхова,
Е.В. Погодин

УДК 658.382.3:378

Расчет пружинных виброизоляторов: учебно-методическое пособие к выполнению практической работы по курсу «БЖД» для студентов всех направлений и форм обучения / НГТУ им. Р.Е. Алексеева; сост.: О.В. Маслеева, И.Г. Трунова, Н.С. Конюхова, Е.В. Погодин. – Нижний Новгород, 2025 г. – 18 с.

Редактор Э.Б. Абросимова

Подп. к печ. 22.09.2025. Формат 60x84/16. Бумага газетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,25. Уч.-изд. л.1,5. Тираж 100 экз. Заказ .

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е.Алексеева.
Типография НГТУ. 603155. Н. Новгород, ул. Минина, 24.

© Нижегородский
государственный
технический
университет
им. Р. Е. Алексеева, 2025

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- Изучить источники вибрации, параметры вибрации, определение допустимых значений;
- изучить принцип действия пружинных виброизоляторов;
- выполнить расчёт пружинных виброизоляторов.

2. КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ

2.1. Физические характеристики вибрации

Вибрация — это механические колебания, передаваемые по жидким или твердым средам от источника переменного физического поля.

Причинами возникновения вибрации являются неуравновешенные силовые воздействия, источниками которых служат:

- возвратно-поступательные движущиеся системы (кривошипно-шатунные механизмы, вибротрамбовки и др.);
- неуравновешенные вращающиеся массы (ручные электрические шлифовальные машины),
- электромагнитные колебания (силовой трансформатор).

В отдельных случаях вибрации могут создаваться также ударами деталей (зубчатые зацепления, подшипниковые узлы).

Неуравновешенные силы появляются в результате дисбаланса, причиной которого может быть неоднородность материала вращающегося тела, несовпадение центра массы тела и оси вращения и др.

Физические параметры вибрации:

а) частота, Гц;

б) амплитуда виброперемещения – наибольшее отклонение точки в процессе колебания от равновесия (x , мм);

Для гармонических колебаний величина отклонения колеблющейся точки от положения равновесия определяется по формуле:

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

где x_m - амплитуда виброперемещения;

φ - начальная фаза колебаний в момент времени $t = 0$;

ω - круговая частота, $\omega = 2\pi f$;

f - частота колебаний, Гц;

в) виброскорость - первая производная по времени от виброперемещения (V , м/с);

$$V = V_m \cos(\omega t + \varphi), \quad (2)$$

где V_m , - максимальное значение виброскорости колеблющейся точки;

г) виброускорение - вторая производная по времени от виброперемещения (a , м/с²),

$$a = -a_m \sin(\omega t + \varphi), \quad (3)$$

где a_m - максимальные значения виброускорения колеблющейся точки;

д) логарифмический уровень виброскорости (L_v , дБ)

$$L_v = 20 \lg \frac{V}{V_0}, \quad (4)$$

где V - средние квадратичные значения виброскорости (м/с);

$V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ - опорное значение виброскорости, м/с.

2.2. Воздействие вибрации на человека

Характер функциональных сдвигов в организме определяется уровнем вибрации, спектральным составом и продолжительностью воздействия. Степень распространения колебаний по телу зависит от их частоты, амплитуды, площади участков тела, соприкасающихся с вибрирующим объектом, места приложения и направления оси вибрационного воздействия, демпфирующих свойств тканей, явления резонанса и др. условий. При низких частотах вибрация распространяется по телу с малым затуханием, охватывая колебательным движением все туловище и голову.

Частота внутренних органов 6-9 Гц, колебания такой частоты могут вызвать механические повреждения или разрыв органов. Для всего тела в положении сидя резонанс наступает на частотах 4-6 Гц. Голова относительно плеч 4-6 Гц стоя, 25-30 Гц сидя. Расстройство зрительных восприятий проявляется в частотном диапазоне между 60 и 90 Гц, что соответствует резонансу глазных яблок.

Местная вибрация малой интенсивности может оказывать благоприятное воздействие на организм человека, восстанавливая трофические изменения, улучшая функциональное состояние центральной нервной системы, ускоряя заживление ран и т. п.

Вибрация приводит к профессиональному заболеванию - виброболезни.

Низкочастотные вибрации приводят к развитию вибрационной патологии с превалированием поражений нервно-мышечной системы и опорно-двигательного аппарата. Среднечастотная вибрация вызывает различные по степени выраженности сосудистые, нервно-мышечные, костно-суставные нарушения. Высокочастотная вибрация вызывает в основном сосудистые нарушения.

2.3. Нормирование вибрации

Нормирование вибрации производится по СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания».

По способу передачи на человека вибрации различают:

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

По источнику возникновения общая вибрация подразделяется на:

- транспортную вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах транспортных средств (тракторы, сельскохозяйственные машины; автомобили грузовые; снегоочистители, тягачи, скреперы, грейдеры, катки самоходный горно-шахтный рельсовый транспорт);
- транспортно-технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах машин, перемещающихся по поверхностям производственных помещений (экскаваторы, краны промышленные и строительные, горные комбайны, шахтные погрузочные машины, бетоноукладчики, напольный производственный транспорт);
- технологическую вибрацию, воздействующую на человека на рабочих местах стационарных машин (станки металло- и деревообрабатывающие, кузнечно-прессовое оборудование, литейные машины, насосы и вентиляторы).

Нормируемым показателем вибрации на рабочем месте является эквивалентное скорректированное виброускорение за рабочую смену, $A_{(8)}$, $m \cdot c^{-2}$.

Предельно допустимые величины эквивалентного скорректированного виброускорения за рабочую смену производственной вибрации приведены в табл. 1.

Таблица 1

Предельно допустимые значения и уровни производственной вибрации

| Вид вибрации | Категория вибрации | Направление действия | Нормативные эквивалентные скорректированные значения и уровни виброускорения | |
|--------------|-----------------------------|----------------------|--|-----|
| | | | m/c^2 | дБ |
| Локальная | | X, Y, Z | 2,0 | 126 |
| Общая | Транспортная | Z | 0,56 | 115 |
| | | X, Y | 0,40 | 112 |
| | Транспортно-технологическая | Z | 0,28 | 109 |
| | | X, Y | 0,2 | 106 |
| | Технологическая | Z | 0,1 | 100 |

| | | | | |
|--|--|------|-------|----|
| | | X, Y | 0,071 | 97 |
|--|--|------|-------|----|

2.4. Системы защиты от вибрации

Снижение вибрации в источнике - уменьшение возмущающей силы. Это достигается путем проведения статической и динамической балансировки вращающихся частей машины, замены подшипников качения на подшипники скольжения; применения конструкционных материалов с повышенным внутренним трением. Применение специальных видов зацепления и чистоты поверхности шестерен позволяет снизить уровень вибрации на 3-4 дБ.

Отстройка от режимов резонанса достигается либо изменением характеристик системы (массы и жесткости) и соответственно собственной частоты колебаний машины, либо изменением угловой скорости и соответственно частоты возмущающей силы. Жесткостные характеристики системы изменяются введением в конструкцию ребер жесткости или изменением ее упругих характеристик.

Вибродемпфирование - это процесс уменьшения уровня вибраций защищаемого объекта путем превращения энергии механических колебаний системы в тепловую энергию.

Увеличение потерь энергии в системе может быть достигнуто:

- использованием конструктивных материалов с большим внутренним трением (использование в качестве конструктивных материалов: пластмассы, дерева, резины);
- нанесением слоя упруговязких материалов, обладающих большими потерями на внутреннее трение. В качестве жестких покрытий используются вязкоупругие материалы (твердые пластмассы, различные полимерные смеси). В качестве мягких - мягкие пластмассы, резину, пенопласту, поливинилхлоридные пластики).

Виброгашение осуществляют путем установки агрегатов на массивный фундамент. Виброгашение наиболее эффективно при средних и высоких частотах вибрации. Этот способ нашел широкое применение при установке тяжелого оборудования (молотов, прессов, вентиляторов, насосов и т. п.).

Виброизоляция - это уменьшение уровня вибрации защищаемого объекта путем уменьшения передачи колебаний от источника колебаний к объекту. Виброизоляция осуществляется посредством введения в колебательную систему дополнительной упругой связи, препятствующей передаче вибраций от источника колебаний к основанию, на котором находится человек.

Виброизоляция достигается путем установки агрегатов на специальные упругие устройства, обладающие малой жесткостью.

В качестве виброизоляторов используют упругие материалы: металлические пружины (рис. 1), резину, пробку (толщина 2 - 15см), войлок (толщина 1 - 2,5 см) и пр. Выбор материала определяется величиной требуемого статического прогиба и условиями эксплуатации (температура, химически агрессивная среда и пр.).

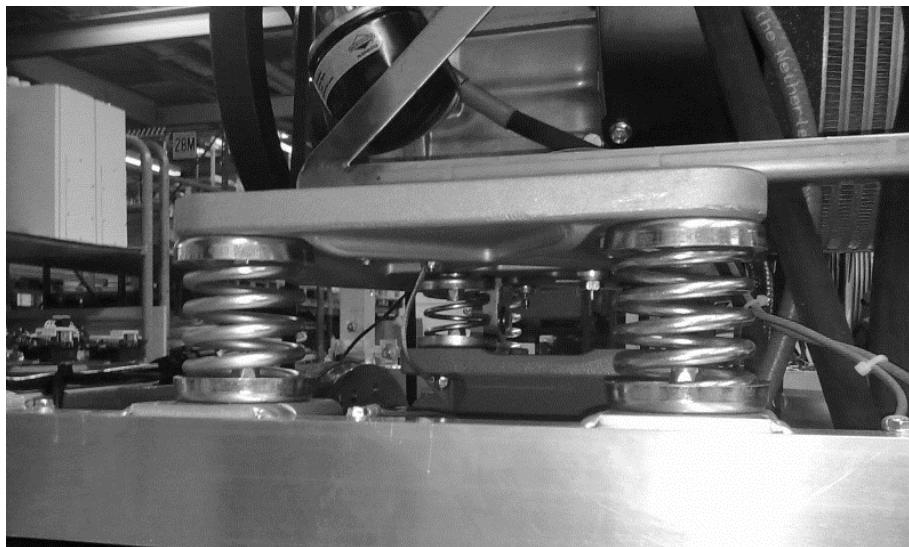


Рис.1 Пружинные виброизоляторы

Пружинные по сравнению с резиновыми имеют ряд преимуществ. Они могут применяться для изоляции как низких, так и высоких частот, дольше сохраняют постоянство упругих свойств во времени, хорошо противостоят действию масел и высокой температуры, относительно малогабаритны. Однако металлические пружины имеют тот недостаток, что, будучи спроектированы на низкую частоту, они пропускают более высокие.

Резина имеет малую плотность, хорошо крепится к деталям, ей легко придать любую форму, и она обычно используется для виброизоляции машин малой и средней массы (электродвигателей и т.п.). В виброизоляторах резина работает на сдвиг и (или) сжатие.

Эффективность виброизоляции оценивается коэффициентом передачи, который имеет физический смысл отношения силы, действующей на основание при наличии упругой связи, к силе, действующей при жесткой связи. Чем это отношение меньше, тем лучше виброизоляция. Хорошая виброизоляция достигается при $K_{\text{п}} = 1/8 - 1/15$.

Коэффициент передачи может быть рассчитан по формуле:

$$K_{\text{п}} = \frac{1}{\left(\frac{f}{f_0}\right)^2 - 1}, \quad (5)$$

где f – частота возмущающей силы;

f_0 – собственная частота системы на виброизоляторах.

Оптимальное соотношение $f/f_0 = 3 - 4$.

При применении виброизоляции уровень виброскорости снизится на величину ΔL :

$$\Delta L = 20 \cdot \lg \frac{1}{K_{\Pi}} \quad (6)$$

Предельно - допустимые значения виброскорости для оценки виброизоляции приведены в табл. 2.

Таблица 2

Предельно допустимые значения виброскорости, дБ

| Среднегеометрические частоты полос, Гц | Предельно допустимые значения виброскорости, дБ |
|--|---|
| | Технологическая вибрация |
| 2,0 | 108 |
| 4,0 | 99 |
| 8,0 | 93 |
| 16,0 | 92 |
| 31,5 | 92 |
| 63,0 | 92 |

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПРУЖИННОГО АМОРТИЗАТОРА

Пружинные амортизаторы целесообразно использовать для виброизоляции при сравнительно низкой частоте менее 33 Гц и значительной амплитуде колебаний системы, а также при наличии высоких температур, масел, паров щелочей и кислот. В качестве пружинных амортизаторов чаще всего применяются стальные витые пружины, изготавливаемые из прутка круглого сечения.

Исходные данные при проектировании виброизоляции рабочего места в случае гармонических вибрации основания:

- диапазон частот колебаний электродвигателя,
- значения виброскорости источника на каждой частоте,
- допустимые значения по СанПиН 1.2.3685-21,
- масса электродвигателя.

Расчет виброизоляции рабочего места ведется в следующей последовательности.

1. Находим допустимое значение $L_{\text{доп}}$ по табл. 2.
2. Находим необходимое снижение уровня виброскорости:

$$\Delta L = L - L_{\text{доп}} \quad (7)$$

3 Определяем значение коэффициента передачи виброизоляции

$$K_{\pi} = \frac{1}{10^{\Delta L/20}}. \quad (8)$$

4. Находим значение собственной частоты

$$f_0 = \frac{f}{\sqrt{\frac{1}{K_{\pi}} + 1}}. \quad (9)$$

5. Находим статическую осадку ($X_{ст}$, м):

$$X_{ст} = \frac{g}{(2 \cdot \pi \cdot f_0)^2}. \quad (10)$$

6. Вычисляем суммарную жесткость виброизолятора (q_0) в вертикальном направлении:

$$q_0 = \frac{M \cdot g}{X_{ст}}, \quad (10)$$

где M – масса электродвигателя, кг.

6. Определяем вертикальную жесткость q_1 одного виброизолятора:

$$q_1 = \frac{q_0}{n}, \quad (11)$$

где n – число виброизоляторов (выбираем исходя из требований обеспечения устойчивости опорной плиты, обычно $n = 4$ или 6).

7. Находим расчетную нагрузку на одну пружину:

$$P_1 = \frac{M \cdot g}{n}. \quad (12)$$

8. Определяем геометрические размеры пружинных виброизоляторов:

а) диаметр прутка пружины

$$d = 1.6 \sqrt{\frac{k \cdot P_1 \cdot C}{[\tau]}} \quad (13)$$

где C - индекс пружины,

$$C = \frac{D}{d} \quad (14)$$

C - принимаем равным от 4 до 10,

D – диаметр пружины, м.

d - диаметр прутка, м,

$[\tau]$ - допускаемое напряжение сдвига при кручении, Н/м² (табл. 5);

k – коэффициент деформации пружины (рис.2).

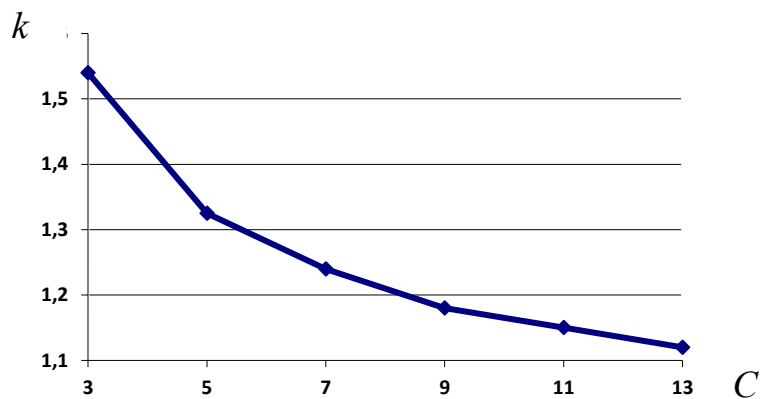


Рис. 2. Определение коэффициента деформации пружины

Округлить диаметр прутка пружины до ближайшего большего значения (табл. 3).

Таблица 3

Диаметр прутка пружин

| | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| d , мм | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,5 | 2,8 | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 5,0 |
|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

б) диаметр пружины:

$$D = C \cdot d. \quad (15)$$

Округлить диаметр пружины до ближайшего большего значения (табл. 4).

Таблица 4

Диаметр пружин

| | | | | | | | | | |
|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>D</i> , мм | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| | 16 | 17 | 18 | 20 | 21 | 22 | 24 | 25 | 26 |
| | 28 | 30 | 32 | 34 | 36 | 38 | 40 | 42 | 45 |
| | 48 | 50 | 52 | 55 | 60 | 63 | 65 | | |

в) число рабочих витков

$$i_1 = \frac{G \cdot d}{8 \cdot q_1 \cdot C^3} \quad (16)$$

где G – модуль сдвига для стали (определяется по табл. 5);

Таблица 5

Допускаемые напряжения для пружинных сталей

| Сталь | | Модуль сдвига $G, \text{Н/м}^2 \cdot 10^{10}$ | Допускаемые напряжения $[\tau]$, $\text{Н/м}^2 \cdot 10^8$ | Диаметр прутка |
|-----------------|--------|--|---|-------------------|
| Группа | Марка | | | |
| Углеродистая | 70 | 7.83 | 3.73 | ≤ 8 мм |
| Хромованадиевая | 50ХФА | 7.7 | 4.90 | ≥ 12.5 мм |
| Кремнистая | 55 С 2 | 7.45 | 4.41 | ≥ 10 мм |

г) полное число витков пружины:

$$i_{\Sigma} = i_1 + i_2, \quad (17)$$

где i_2 – нерабочее число витков пружины,

$$i_2 = 1,5 \text{ при } i_1 < 7,$$

$$i_2 = 2 \text{ при } i_1 \geq 7;$$

д) шаг витка

$$h = 0,25 \cdot D; \quad (18)$$

е) высота ненагруженной пружины

$$H_0 = i_1 \cdot h + (i_2 - 0,5) \cdot d. \quad (19)$$

При расчете пружин, работающих на сжатие, отношение высоты нагруженной пружины к ее диаметру должно быть не более двух $H_0 \leq 2 D$. В противном случае возникнет опасность потери устойчивости виброизолированной системой.

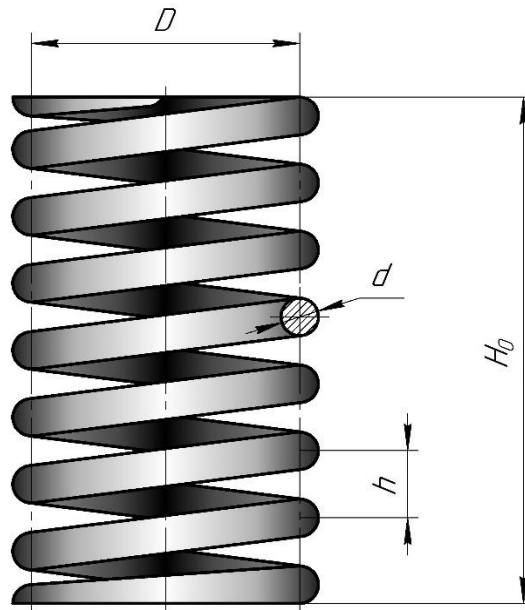


Рис. 3. Чертеж пружины

3. ЗАДАНИЕ К РАБОТЕ

По своему варианту (см. табл. 8) рассчитать пружинные виброизоляторы для уменьшения уровня вибрации до допустимой величины.

Источник вибрации – двигатель.

Результаты расчета оформить в виде табл. 7.

4. ПРИМЕР РАСЧЕТА

Таблица 6

Исходные данные для расчета

| Вариант | Уровни вибрации установки, дБ, на частотах, Гц | | | | | | Масса установки, кг |
|---------|--|-----|----|-----|----|----|---------------------|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | |
| | 106 | 100 | 99 | 103 | | | 100 |

Пример расчета выполнен для четырех частот.

1. Частота $f = 10$ Гц

Для технологической вибрации и $f = 10$ Гц по табл. 2 допустимое значение

$$L_{\text{доп.}} = 93 \text{ дБ.}$$

Находим необходимое снижение уровня виброскорости:

$$\Delta L = L - L_{\text{доп.}} = 106 - 93 = 13 \text{ дБ.}$$

Определяем значение коэффициента передачи виброизоляции.

$$K_{\text{п}} = \frac{1}{10^{\Delta L/20}} = \frac{1}{10^{13/20}} = 0,224.$$

Аналогично выполняем расчет для частот 15, 20 и 25 Гц.

Частота $f = 15$ Гц

$$L_{\text{доп.}} = 92 \text{ дБ,}$$

$$\Delta L = L - L_{\text{доп.}} = 100 - 92 = 8 \text{ дБ,}$$

$$K_{\text{п}} = \frac{1}{10^{\Delta L/20}} = \frac{1}{10^{8/20}} = 0,4.$$

Частота $f = 20$ Гц

$$L_{\text{доп.}} = 92 \text{ дБ,}$$

$$\Delta L = L - L_{\text{доп.}} = 99 - 92 = 7 \text{ дБ,}$$

$$K_{\text{п}} = \frac{1}{10^{\Delta L/20}} = \frac{1}{10^{7/20}} = 0,447.$$

Частота $f = 25$ Гц

$$L_{\text{доп.}} = 92 \text{ дБ,}$$

$$\Delta L = L - L_{\text{доп.}} = 103 - 92 = 11 \text{ дБ,}$$

$$K_{\Pi} = \frac{1}{10^{\Delta L/20}} = \frac{1}{10^{11/20}} = 0,282.$$

2. Находим минимальное значение K_{Π}

$$K_{\Pi \text{ мин}} = 0,224 \text{ на частоте } f = 10 \text{ Гц.}$$

3. Находим значение собственной частоты

$$f_0 = \frac{f}{\sqrt{\frac{1}{K_{\Pi}} + 1}} = \frac{10}{\sqrt{\frac{1}{0,224} + 1}} = 4,28 \text{ Гц.}$$

4. Находим статическую осадку ($X_{\text{ст}}$, м):

$$X_{\text{ст}} = \frac{g}{(2 \cdot \pi \cdot f_0)^2} = \frac{9,81}{(2 \cdot \pi \cdot 4,28)^2} = 0,0136 \text{ м.}$$

5. Вычисляем суммарную жесткость виброизоляторов (q_0) в вертикальном направлении:

$$q_0 = \frac{M \cdot g}{X_{\text{ст}}} = \frac{100 \cdot 9,81}{0,0136} = 72132,$$

где $M = 100$ кг – масса электродвигателя.

6. Определяем вертикальную жесткость q_1 одного виброизолятора:

$$q_1 = \frac{q_0}{n} = \frac{72132}{4} = 18033,$$

где n - число виброизоляторов (выбираем $n = 4$).

7. Находим расчетную нагрузку на одну пружину:

$$P_1 = \frac{M \cdot g}{n} = \frac{100 \cdot 9,81}{4} = 245.$$

8. Определяем геометрические размеры пружинных виброизоляторов:

а) диаметр прутка пружины

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{k \cdot P_1 \cdot C}{[\tau]}} = 1,6 \sqrt{\frac{1,24 \cdot 245 \cdot 7}{3,73 \cdot 10^8}} = 0,00382 \text{ м} = 3,82 \text{ мм.}$$

$C=7$ принимаем,

$[\tau]=3,73 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$ для углеродистой стали (табл. 5);

$k = 1,24$ (рис.1).

Принимаем по табл. 3 диаметр прутка пружины $d = 4 \text{ мм} = 0,004 \text{ м}$;

б) диаметр пружины:

$$D = C \cdot d = 7 \cdot 4 = 28 \text{ мм}$$

Принимаем по табл. 4 диаметр пружины $D = 28 \text{ мм}$;

в) число рабочих витков

$$i_1 = \frac{G \cdot d}{8 \cdot q_1 \cdot C^3} = \frac{7,83 \cdot 10^{10} \cdot 0,004}{8 \cdot 18033 \cdot 7^3} = 6,33,$$

где $G = 7,83 \cdot 10^{10}$ модуль сдвига для стали (определяется по табл. 5);

$$i_1 = 7;$$

г) полное число витков пружины:

$$i_2 = 2 \text{ при } i_1 \geq 7,$$

$$i_{\Sigma} = i_1 + i_2 = 7 + 2 = 9,$$

$$i_{\Sigma} = 9;$$

д) шаг витка

$$h = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 28 = 7 \text{ мм};$$

е) высота ненагруженной пружины

$$H_0 = i_1 \cdot h + (i_2 - 0,5) \cdot d = 7 \cdot 7 + (2 - 0,5) \cdot 4 = 55 \text{ мм.}$$

Результаты расчета

| | | | | | | | |
|---|-----------------------|--------|-----|-------|-------|----|----|
| Частота | f , Гц | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 |
| Уровень вибрации установки | L , дБ | 106 | 100 | 99 | 103 | | |
| Допустимое значение | $L_{\text{доп}}$, дБ | 93 | 92 | 92 | 92 | | |
| Необходимое снижение уровня виброскорости | ΔL , дБ | 13 | 8 | 7 | 11 | | |
| Коэффициент передачи виброизоляции | $K_{\text{п}}$ | 0,224 | 0,4 | 0,447 | 0,282 | | |
| Минимальное значение $K_{\text{п}}$ | $K_{\text{п мин}}$ | 0,224 | | | | | |
| Собственная частота | f_0 , Гц | 4,28 | | | | | |
| Статическая осадка | $X_{\text{ст}}$, м | 0,0136 | | | | | |
| Суммарная жесткость виброизоляторов | q_0 | 72132 | | | | | |
| Число виброизоляторов | n | 4 | | | | | |
| Жесткость одного виброизолятора | q_1 | 18033 | | | | | |
| Расчетная нагрузка на одну пружину | P_1 | 245 | | | | | |
| Диаметр прутка пружины | d , мм | 4 | | | | | |
| Диаметр пружины | D , мм | 28 | | | | | |
| Полное число витков пружины | i_{Σ} | 9 | | | | | |
| Шаг витка | h , мм | 7 | | | | | |
| Высота ненагруженной пружины | H_0 , мм | 55 | | | | | |

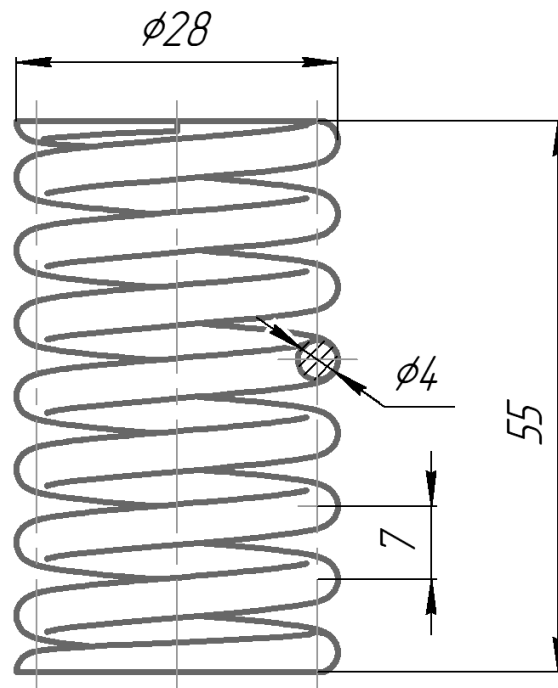


Рис. 4. Чертеж пружины по расчету

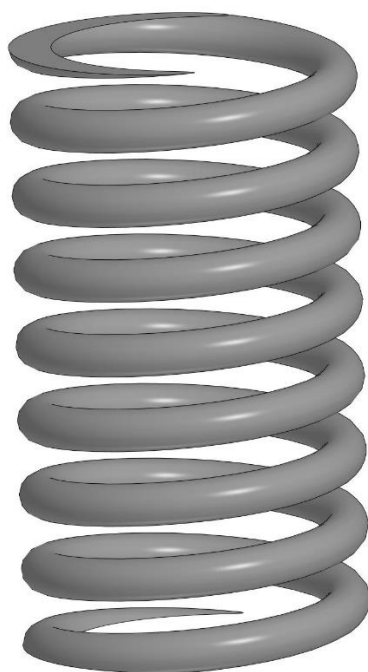


Рис. 5. Внешний вид пружины

6. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вибрации в технике: Справочник. - т. 31/ Под ред. Ф.М. Дименейберга и К.С. Колесникова. - М.: Машиностроение, 1980.- 544с.
2. Вибрация энергетических машин. Справочное пособие/ Под ред. Н.В. Григорьева. - Л.: Машиностроение, 1974.- 464с.
3. Колесников К.А. Шум и вибрация. К.А. Колесников. Ленинград, Судостроение, 1988, 246 с.
4. Алексеев С.П. Борьба с шумом и вибрацией в машиностроении. С.П. Алексеев, А.М. Казаков, Н.Н. Колотилов – М., Машиностроение, 1970, 208с.

Таблица 8

Варианты заданий

| Вариант | Уровни виброскорости установки, дБ, на частотах, Гц | | | | | | Масса установки, кг |
|---------|---|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------|
| | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | |
| 1 | 105 | 107 | 109 | 104 | 101 | 101 | 10 |
| 2 | 109 | 108 | 107 | 102 | 110 | 105 | 9 |
| 3 | 105 | 111 | 104 | 101 | 109 | 102 | 20 |
| 4 | 104 | 101 | 100 | 102 | 98 | 96 | 25 |
| 5 | 108 | 110 | 100 | 103 | 104 | 110 | 30 |
| 6 | 110 | 111 | 105 | 106 | 100 | 99 | 35 |
| 7 | 106 | 104 | 103 | 101 | 100 | 102 | 40 |
| 8 | 103 | 101 | 99 | 100 | 98 | 96 | 45 |
| 9 | 102 | 100 | 101 | 99 | 105 | 101 | 10 |
| 10 | 106 | 104 | 102 | 103 | 102 | 102 | 55 |
| 11 | 107 | 106 | 105 | 107 | 102 | 110 | 15 |
| 12 | 109 | 109 | 110 | 100 | 103 | 99 | 42 |
| 13 | 109 | 108 | 111 | 105 | 102 | 98 | 42 |
| 14 | 108 | 106 | 110 | 104 | 100 | 100 | 39 |
| 15 | 106 | 111 | 107 | 107 | 105 | 102 | 59 |
| 16 | 112 | 112 | 111 | 100 | 102 | 105 | 54 |
| 17 | 114 | 112 | 100 | 104 | 102 | 103 | 52 |
| 18 | 117 | 112 | 114 | 100 | 105 | 102 | 49 |
| 19 | 105 | 100 | 99 | 98 | 96 | 104 | 47 |
| 20 | 100 | 100 | 102 | 104 | 103 | 108 | 10 |
| 21 | 102 | 104 | 107 | 100 | 105 | 107 | 26 |
| 22 | 107 | 100 | 101 | 102 | 103 | 98 | 37 |
| 23 | 110 | 112 | 109 | 104 | 105 | 109 | 33 |
| 24 | 112 | 116 | 105 | 111 | 104 | 111 | 50 |
| 25 | 103 | 102 | 100 | 101 | 99 | 97 | 27 |
| 26 | 104 | 102 | 100 | 95 | 100 | 100 | 23 |
| 27 | 110 | 111 | 109 | 108 | 107 | 101 | 19 |
| 28 | 104 | 102 | 99 | 99 | 99 | 100 | 25 |
| 29 | 99 | 97 | 94 | 96 | 97 | 95 | 15 |
| 30 | 111 | 109 | 109 | 93 | 92 | 109 | 12 |