

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новацкий В. Теория упругости. - М.: Мир, 1975.-872с.
2. Копейкин Ю.Д. Применение бигармонических потенциалов в краевых задачах статики упругого тела - Диссертация доктора физ. - мат. наук. - М. - 1969. - 280с.

3. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. - М.: Наука, 1975. - 576с.

УДК 629.11-752

Чигарев А.В., Малькевич Д.Н., Кузнецов А.Д.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ МАШИН

Последовательное увеличение энергонасыщенности тракторов всех тяговых классов за счет форсирования двигателей увеличили вибронегруженность кабины трактора. Вибрационные нагрузки стали в значительной мере определять долговечность конструкций кабины и уровень шума на рабочем месте, требования по ограничению которого в настоящее время значительно повысились. Известно, что одним из средств борьбы с распространением вредной вибрации в кабине тракторов и улучшения условий труда является виброизоляция кабины и двигателя трактора. Конструктивно виброизоляция кабины и двигателя осуществляется посредством установки этих узлов на специальном амортизирующем креплении, которое служит препятствием для передачи динамических воздействий.

Разработка виброизоляторов, способных защитить кабину от вибраций и ударов и вместе с тем обладающих ограниченными габаритами, составляет достаточно сложную техническую задачу [1]. Проектирование системы виброизоляции, расположение виброизоляторов на остова трактора, учет взаимодействия объекта с системой виброизоляции также является задачей, требующей внимательного подхода. Успех решения всех этих вопросов возможен только при всестороннем учете конструктивных особенностей виброизоляторов и мест их крепления, а также при правильной оценке характера динамических воздействий остова трактора.

Теоретическая сторона методики расчета основывается на общих положениях теории колебаний [2], [3], [4]. При вибрационном расчете на частотах до 250 Гц используется линейная интерпретация задачи о малых колебаниях упруго опертого тела.

Целью статического расчета системы виброизоляции является определение статических нагрузок на каждый из виброизоляторов и последующий выбор типоразмера виброизолятора в соответствии с найденными нагрузками. Иногда бывает необходимо определить или уточнить координаты расположения виброизоляторов - это позволяет расположить виброизоляторы кабины в соответствии с условиями рационального монтажа.

Центр масс кабины трактора принимается за начало прямоугольной системы координат xOz , оси которой направлены по главным центральным осям инерции объекта. Кабина монтируется на виброизоляторах таким образом, что координатная плоскость xOz расположена горизонтально, а ось Oy , следовательно, вертикально.

1. СХЕМА РАЦИОНАЛЬНОГО МОНТАЖА ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ

В этом случае виброизоляторы расположены в горизонтальной плоскости xOz , следовательно вертикальная координата

ната $y = 0$. Из семи уравнений принципа рационального монтажа [3] три уравнения при этом тождественно удовлетворяются, и остаются четыре уравнения: $\sum P_i = G$, $\sum P_i z_i = 0$, $\sum P_i x_i = 0$, $\sum P_i z_i x_i = 0$ (1)

Рассмотрим некоторые наиболее интересные для подвески кабин варианты расположения виброизоляторов.

1.1 СИСТЕМА, СОСТОЯЩАЯ ИЗ ЧЕТЫРЕХ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ

Задаваясь значениями координат x_i , z_i точек крепления виброизоляторов (рисунок 1), из уравнений (1) получаем систему четырех линейных уравнений относительно неизвестных нагрузок на виброизоляторы

$$\begin{aligned} P_1 + P_2 + P_3 + P_4 &= G \\ z_1 P_1 + z_2 P_2 + z_3 P_3 + z_4 P_4 &= 0 \\ x_1 P_1 + x_2 P_2 + x_3 P_3 + x_4 P_4 &= 0 \\ z_1 x_1 P_1 + z_2 x_2 P_2 + z_3 x_3 P_3 + z_4 x_4 P_4 &= 0 \end{aligned}$$

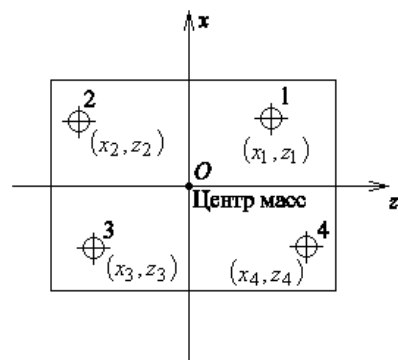


Рисунок 1. Схема расположения четырех виброизоляторов в горизонтальной плоскости

Решая эту систему уравнений, находим статические нагрузки на виброизоляторы:

$$P_1 = \frac{D_1}{D} G, P_2 = \frac{D_2}{D} G, P_3 = \frac{D_3}{D} G, P_4 = \frac{D_4}{D} G, \quad (2)$$

где определитель системы

$$D = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 \neq 0 \quad (3)$$

Чигарев Анатолий Власович. Зав. каф. "Теоретическая механика" Белорусской государственной политехнической академии. Малькевич Дмитрий Николаевич. Аспирант каф. "Теоретическая механика" Белорусской государственной политехнической академии.

БГПА, Беларусь, г. Минск, пр. Ф. Скорины, 65.

Кузнецов Анатолий Дмитриевич. Первый заместитель начальника ГСКБ, ПО Минский тракторный завод.

а определители D_1, D_2, D_3, D_4 вычисляются из выражений

$$\begin{aligned} D_1 &= z_2 z_4 x_3 (x_4 - x_2) + z_2 z_3 x_4 (x_2 - x_3) + \\ &+ z_3 z_4 x_2 (x_3 - x_4) \\ D_2 &= -z_1 z_4 x_3 (x_4 - x_1) - z_1 z_3 x_4 (x_1 - x_3) - \\ &- z_3 z_4 x_1 (x_3 - x_4) \\ D_3 &= z_1 z_4 x_2 (x_4 - x_1) + z_1 z_2 x_4 (x_1 - x_2) + \\ &+ z_2 z_4 x_1 (x_2 - x_4) \\ D_4 &= -z_1 z_3 x_2 (x_3 - x_1) - z_1 z_2 x_3 (x_1 - x_2) - \\ &- z_2 z_3 x_1 (x_2 - x_3) \end{aligned} \quad (4)$$

Рассмотрим некоторые частные случаи расположения четырех виброизоляторов в плоскости xOy .

1.1.1. В частном случае симметричного расположения виброизоляторов относительно одной из осей, например, продольной оси Ox кабины, когда

$$z_1 = -z_2 = a, \quad z_3 = -z_4 = -b, \quad x_1 = x_2 = c, \\ x_3 = x_4 = -d,$$

нагрузки на виброизоляторы определяются по формулам

$$P_1 = P_2 = \frac{d}{c+d} \frac{G}{2}, \quad P_3 = P_4 = \frac{c}{c+d} \frac{G}{2}.$$

1.1.2. В случае несимметричного расположения виброизоляторов относительно осей Oz и Ox , когда

$$z_1 = -z_3 = a, \quad z_2 = -z_4 = -b, \quad x_1 = -x_3 = c, \\ x_2 = -x_4 = d,$$

нагрузки на виброизоляторы кабины определяются по формулам

$$P_1 = P_3 = \frac{b \cdot d}{ac + bd} \frac{G}{2}, \quad P_2 = P_4 = \frac{a \cdot c}{ac + bd} \frac{G}{2}.$$

1.1.3. Если предположить, что все четыре виброизолятора одинаково нагружены

$$P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = G/4,$$

то из семи уравнений принципа рационального монтажа останутся только три уравнения

$$\sum z_i = 0, \quad \sum x_i = 0, \quad \sum z_i x_i = 0.$$

Приняв за неизвестные координаты x_3, z_4, x_4 и считая остальные заданными, получаем следующие уравнения

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 0,$$

$$z_1 + z_2 + z_3 + z_4 = 0,$$

$$z_1 x_1 + z_2 x_2 + z_3 x_3 + z_4 x_4 = 0.$$

Решая эти уравнения относительно неизвестных x_3, z_4, x_4 находим

$$x_3 = -\frac{x_2(z_3 + 2z_2 + z_1) + x_1(z_3 + z_2 + 2z_1)}{2z_3 + z_2 + z_1},$$

$$x_4 = \frac{x_2(z_2 - z_3) + x_1(z_1 - z_3)}{2z_3 + z_2 + z_1},$$

$$z_4 = -(z_3 + z_2 + z_1).$$

1.2 СИСТЕМА, СОСТОЯЩАЯ ИЗ ТРЕХ ВИБРОИЗОЛЯТОРОВ

В такой системе подвески кабин (рисунок 2) за неизвестные принимаются нагрузки P_1, P_2, P_3 и координата x_3 , остальные координаты считаются заданными.

Из системы уравнений

$$\begin{aligned} P_1 + P_2 + P_3 &= G, \\ x_1 P_1 + x_2 P_2 + x_3 P_3 &= 0, \\ z_1 P_1 + z_2 P_2 + z_3 P_3 &= 0, \\ z_1 x_1 P_1 + z_2 x_2 P_2 + z_3 x_3 P_3 &= 0 \end{aligned}$$

определяется координата

$$x_3 = \frac{x_1 x_2 z_3 (z_1 - z_2)}{z_1 x_2 (z_3 - z_2) - x_1 z_2 (z_3 - z_1)} \quad (5)$$

и нагрузки

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{z_3 x_2 - x_3 z_2}{(z_3 - z_1)(x_2 - x_1) - (x_3 - x_1)(z_2 - z_1)} \cdot G \\ P_2 &= \frac{z_1 x_3 - x_1 z_3}{(z_3 - z_1)(x_2 - x_1) - (x_3 - x_1)(z_2 - z_1)} \cdot G \\ P_3 &= \frac{z_2 x_1 - x_2 z_1}{(z_3 - z_1)(x_2 - x_1) - (x_3 - x_1)(z_2 - z_1)} \cdot G \end{aligned} \quad (6)$$

Рассмотрим некоторые частные случаи расположения трех виброизоляторов кабины в плоскости xOz .

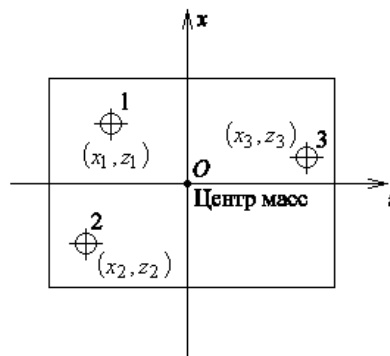


Рисунок 2. Схема расположения трех виброизоляторов в горизонтальной плоскости

1.2.1. Случай симметричного расположения виброизоляторов Если принять

$$x_1 = -x_2 = a, \quad z_1 = z_2 = b, \quad z_3 = -c,$$

то координата $x_3 = 0$ и нагрузки на виброизоляторы определяются из выражений

$$P_1 = P_2 = \frac{c}{b+c} \frac{G}{2}, \quad P_3 = \frac{b}{b+c} G.$$

1.2.2. Случай равнонагруженных виброизоляторов Предполагая, что все три виброизолятора нагружены одинаково:

$$P_1 = P_2 = P_3 = G/3$$

и считая заданными координаты x_1, z_1, z_2 остальные координаты определяются по формулам

$$x_3 = x_1 \frac{z_1 - z_2}{2z_2 - z_1}, \quad z_3 = -(z_1 + z_2),$$

$$x_2 = -x_1 \frac{2z_1 + z_2}{2z_2 + z_1}.$$

2. СХЕМА НИЖНЕГО МОНТАЖА

2.1 ВИБРОИЗОЛЯТОРЫ РАСПОЛОЖЕНЫ В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПЛОСКОСТИ, НЕ ПРОХОДЯЩЕЙ ЧЕРЕЗ ЦЕНТР МАСС КАБИНЫ

Рассматриваемая схема (рисунок 3) является типичной для подвески кабин мобильных машин.

Если плоскость расположения виброизоляторов параллельна плоскости xOz и пересекает ось Oy в точке $y_i = -b = const$, то при этом не удовлетворяется условие $\sum P_i y_i = 0$.

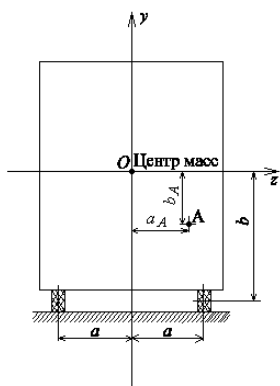


Рисунок 3. Схема расположения виброизоляторов кабины в горизонтальной плоскости, не проходящей через центр масс кабины

Условия, которые можно удовлетворить, образуют систему уравнений

$$\sum P_i = G, \quad \sum P_i x_i = 0, \quad \sum P_i z_i = 0,$$

$$\sum P_i z_i x_i = 0,$$

которая совпадает с системой уравнений (1).

В рассматриваемом случае отдельные независимые колебания по всем координатным осям отсутствуют. Независимо от других могут происходить только колебания вдоль оси Oy и вокруг нее.

Определение статических нагрузок на виброизоляторы для системы, состоящей из четырех или трех виброизоляторов, определяются соответственно по зависимостям (2), (6).

3. СИСТЕМА С НАКЛОННЫМИ ВИБРОИЗОЛЯТОРАМИ

Расположение виброизоляторов под углом к горизонтальной плоскости кабины позволяет обеспечить ее виброзащиту при воздействии как вертикальных, так и горизонтальных динамических воздействий [1], [4].

Если виброизоляторы расположены в двух вертикальных плоскостях так, что их оси попарно пересекаются под углом? (рисунок 4), а боковые нагрузки на виброизоляторы

$$P_{v1} = P_{v2} = P_{v3} = P_{v4} = 0,$$

то осевые и поперечные нагрузки на виброизоляторах будут равны:

$$P_{w1} = P_{w2} = P_{w3} = P_{w4} = \frac{1}{4} G \cos \frac{\theta}{2}$$

$$P_{u1} = P_{u2} = P_{u3} = P_{u4} = \frac{1}{4} G \sin \frac{\theta}{2} \quad (7)$$

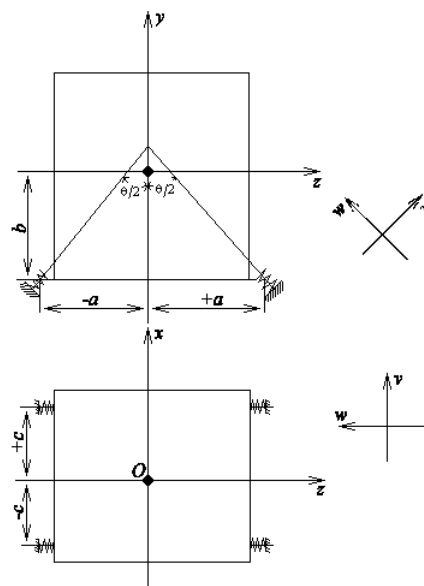


Рисунок 4. Схема попарного расположения виброизоляторов кабины под углом в двух вертикальных плоскостях

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Левитский Н.И. Колебания в механизмах: Учеб. пособие для вузов. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. - 336с.
2. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории упругих колебаний. - М.: Машиностроение, 1967. - 316с.
3. Иориш Ю.И. Измерение вибрации. Общая теория, методы и приборы. - М.: Машгиз, 1956. - 404с.
4. Бабаков И.М. Теория колебаний. - М.: Наука, 1968. - 560с.