

Виброзащита машин и механизмов

Краткое содержание: Виброзащита машин и механизмов. Методы виброзащиты. Взаимодействие двух подвижных звеньев . Подрессоривание и виброизоляция. Динамическое гашение колебаний.

Виброзащита в машин и механизмов.

Как отмечалось ранее, при движении механической системы под действием внешних сил в ней возникают механические колебания или вибрации. Эти вибрации оказывают влияние на функционирование механизма и часто ухудшают его эксплуатационные характеристики: снижают точность, уменьшают КПД и долговечность машины, увеличивают нагрев деталей, снижают их прочность, оказывают вредное воздействие на человека-оператора. Для снижения влияния вибраций используют различные методы борьбы с вибрацией. С одной стороны при проектировании машины принимают меры для снижения ее виброактивности (уравновешивание и балансировка механизмов), с другой - предусматриваются средства защиты как машины от вибраций, исходящих от других машин (для рассматриваемой машины от среды), так среды и операторов от вибраций данной машины.

17.1. Методы виброзащиты

Существующие виброзащитные устройства по методу снижения уровня вибраций делятся на:

- динамические гасители или антивибраторы, в которых опасные резонансные колебания устраняются изменением соотношения между собственными частотами системы и частотами возмущающих сил;
- виброизоляторы, в которых за счет их упругих и демпфирующих свойств уменьшается амплитуда колебаний как на резонансных и нерезонансных режимах.

Взаимодействие двух подвижных звеньев.

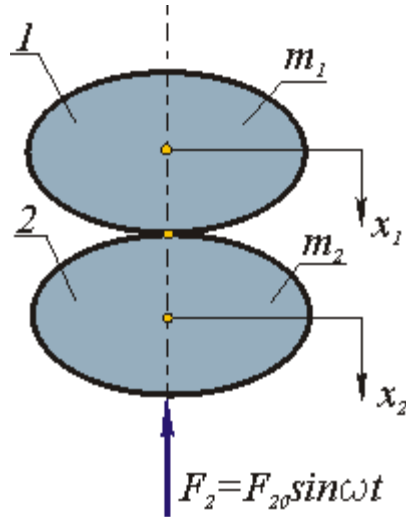


рис. 9.1

Рассмотрим механическую систему (рис. 9.1), состоящую из двух подвижных звеньев, образующих между собой кинематическую пару. Для упрощения предположим, что движение звеньев возможно только по одной координате x . Масса первого звена m_1 , второго - m_2 . На звено 2 действует периодическая внешняя сила $F_2 = F_{20} \sin \omega t$, действием сил веса пренебрегаем. Уравнения движения звеньев

$$m_1 \cdot \ddot{x}_1 + F_{12} = 0; \quad m_2 \cdot \ddot{x}_2 + F_{21} + F_2 = 0.$$

Рис. 9.1

Если считать, что контакт между звеньями в процессе движения не нарушается и тела абсолютно жесткие, то

$$x = x_1 = x_2$$

С учетом $F_{21} = -F_{12}$, определим реакцию в точке контакта между звеньями

$$F_{21} = -m_2 \cdot \ddot{x} - F_2 = m_1 \cdot \ddot{x}.$$

Откуда

$$\ddot{x} = -F_{12}/m_1 = -(F_{21} + F_2)/m_2,$$

и после преобразований

$$F_{21}(m_1 + m_2)/(m_1 + m_2) = -F_2/m_2,$$

$$F_{21} = -F_2 \cdot m_1/(m_1 + m_2).$$

Проанализируем эту зависимость:

если $m_1 \Rightarrow 0$, то $F_{21} \Rightarrow 0$; если $m_2 \Rightarrow 0$, то $F_{21} \Rightarrow F_2$;

если $m_2 = m_1 = m$, то $F_{21} \Rightarrow -0.5 \cdot F_2$;

если $m_2 \Rightarrow \infty$, то $F_{21} \Rightarrow 0$;

если $m_1 \Rightarrow \infty$, то $F_{21} \Rightarrow -F_2$.

Анализ показывает, что реакция взаимодействия между звеньями зависит от соотношения их масс и величины внешней силы. При этом кинетическая энергия системы

$$T = (m_1 + m_2) \cdot \dot{x}^2 / 2,$$

а потенциальная равна нулю.

Поддресоривание или виброизоляция.

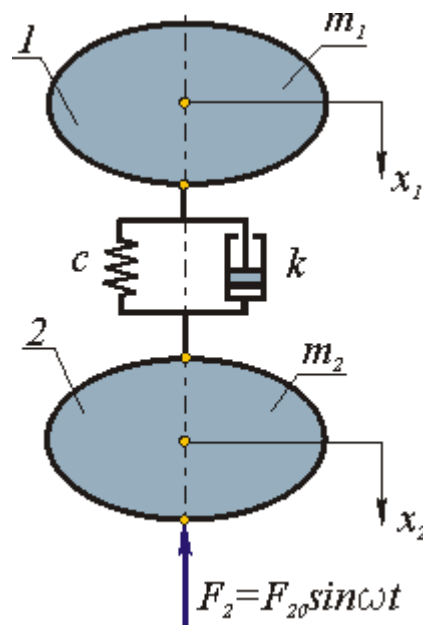


Рис. 9.2

При виброизоляции между рассматриваемыми звеньями устанавливают линейный или нелинейный виброизолятор, который обычно состоит из упругого и демпфирующего элементов (рис. 9.2).

В этой механической системе $x_2 > x_1$ (предположим, что $x_2 > x_1$) и $\Delta x = x_2 - x_1$, тогда кинетическая энергия системы

$$T = m_1 \cdot \dot{x}_1^2 / 2 + m_2 \cdot \dot{x}_2^2 / 2,$$

а потенциальная

$$U = c \cdot \Delta x^2 / 2.$$

То есть в системе с виброизолятором только часть работы внешней силы расходуется на изменение кинетической энергии. Часть этой работы переходит в потенциальную энергию упругого элемента и часть рассеивается демпфером (переходит в тепло и рассеивается в окружающей среде).

Уравнения движения

$$m_1 \cdot \ddot{x}_1 + c \cdot \Delta \dot{x} + k \cdot \Delta x = 0,$$

$$m_2 \cdot \ddot{x}_2 - c \cdot \Delta \dot{x} - k \cdot \Delta x + F_2 = 0.$$

Решение этой системы уравнений подробно рассматривается в курсе теории колебаний, поэтому ограничимся только анализом амплитудно-частотной характеристики. Характеристику построим в относительных координатах $\Delta x_{отн} = \Delta x / x_{ст}$, где $x_{ст}$ - статическая деформация упругого элемента.

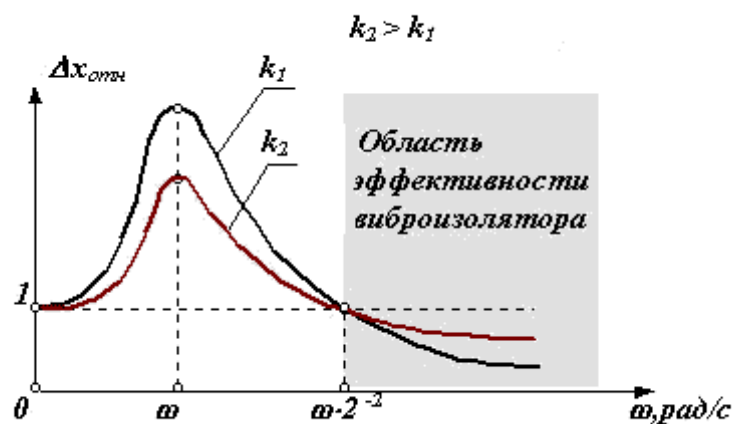


Рис. 9.3

17.2. Динамическое гашение колебаний.

Динамические гасители или антивибраторы широко применяются в машинах работающих в установившихся режимах для отстройки от резонансных частот (например, в судовых двигателях внутреннего сгорания).

Динамические гасители могут быть выполнены в виде упругого или физического маятника. Рассмотрим простейший линейный упругий динамический гаситель (рис.9.4). Принцип действия динамического гасителя заключается в создании гасителем силы направленной противоположно возмущающей силе. Настройка динамического гасителя заключается в подборе его собственной частоты: собственная частота гасителя должна быть равна частоте тех колебаний, амплитуду которых необходимо уменьшить ("погасить")

$$\omega_{02} = \sqrt{c_2/m_2},$$

где ω_{02} - собственная частота гасителя, m_2 - масса гасителя, c_2 - жесткость пружины гасителя.

Уравнения движения системы с динамическим гасителем, схема которого изображена на рис. 9.4

$$m \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{x} + k \cdot x = F \cdot \sin \theta t,$$

$$m_2 \cdot \ddot{x}_2 - c_2 \cdot \dot{x} - k_2 \cdot x = 0,$$

где $x = x - x_2$ - деформация пружины гасителя.

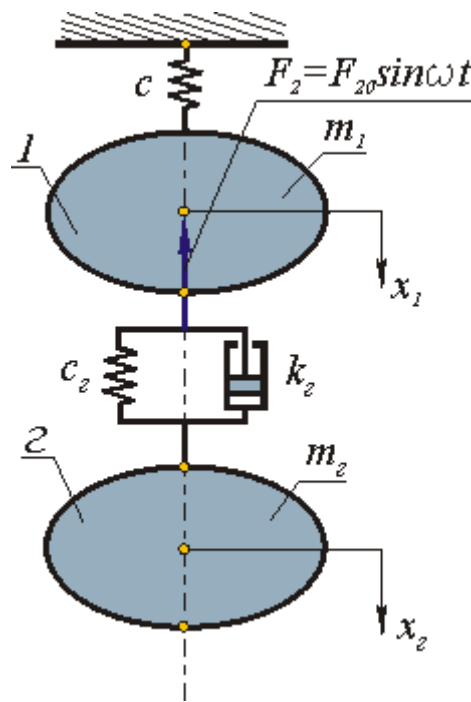


Рис 9.4

На рис. 9.5 приведены амплитудно-частотные характеристики этой системы без динамического гасителя и с динамическим гасителем. Как видно из этих характеристик, при установке динамического гасителя амплитуда на частоте настройки резко снижается, однако в системе вместо одной собственной частоты возникает две. Поэтому динамические гасители эффективны только в узком диапазоне частот вблизи частоты настройки гасителя. Изображенные на рисунке кривые *1* и *2* относятся к динамическому гасителю без демпфирования. При наличии в системе демпферов форма кривой изменяется (кривая *3*): амплитуды в зонах гашения увеличиваются, а зонах резонанса - уменьшаются.

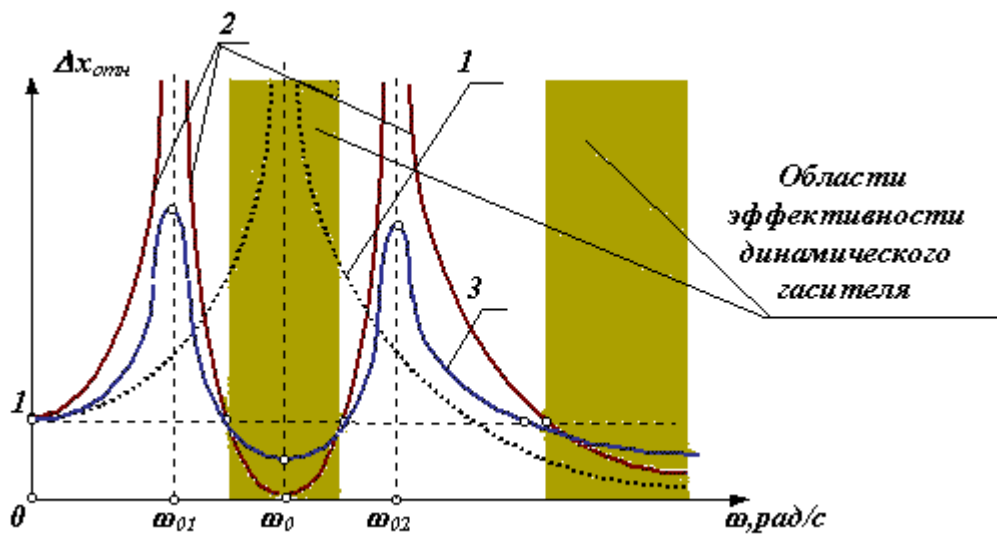


Рис. 9.5

Подробнее с вопросами виброзащиты машин можно познакомиться в учебной [9.1, 9.2] или специальной литературе [9.3 , 9.4].

Контрольные вопросы к лекции 17.

1. Расскажите о целях и методах виброзащиты машин и механизмов ?
2. Проанализируйте силовое взаимодействие двух тел, к одному из которых приложена внешняя сила изменяющаяся по гармоническому закону ?
3. Определите область эффективности виброизолятора ?
4. Определите область эффективности динамического гасителя ?
5. Как осуществляется настройка динамического гасителя ?