

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

**ИНЕРЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ И СТЕНДЫ
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВИБРАЦИИ**

Иллюстративный материал
для самостоятельной работы
студентов специальности 280101
«Безопасность жизнедеятельности в техносфере»

Курган 2009

Введение

Иллюстративный материал подобран и обобщен в соответствии с рабочей программой курса «Безопасность труда» для студентов специальности 280101.

Инерционные приборы и стенды для контроля вибрации позволят расширить кругозор студентов при проведении самостоятельной работы. Приведенные модели, схемы, конструкции позволят будущему специалисту отчетливо представить себе положительные и отрицательные стороны вибрационных процессов как на стадии проектирования, так и при эксплуатации механизмов, установок, станков, машин, аппаратов и транспортных средств.

1. Инерционные приборы

Инерционные виброизмерительные приборы требуется прочно крепить к поверхности объекта, вибрацию которого требуется измерять. В некоторых случаях, например, при измерении вибрации с небольшими ускорениями инерционный прибор можно ставить на контролируемую поверхность или прижимать к ней рукой либо пружиной.

Ниже дано изложение условий, при которых имеет место безотрывный контакт виброизмерительного прибора с контролируемой поверхностью.

На рис.1 показана схема виброметра. При этом механическая часть прибора рассматривается как система, состоящая из массы M инерционного элемента и массы корпуса m , связанных подвесами с упругостью K . Внешняя сила P_0 приложена к корпусу и прижимает прибор к вибрирующей поверхности, на которой возникает реакция N .

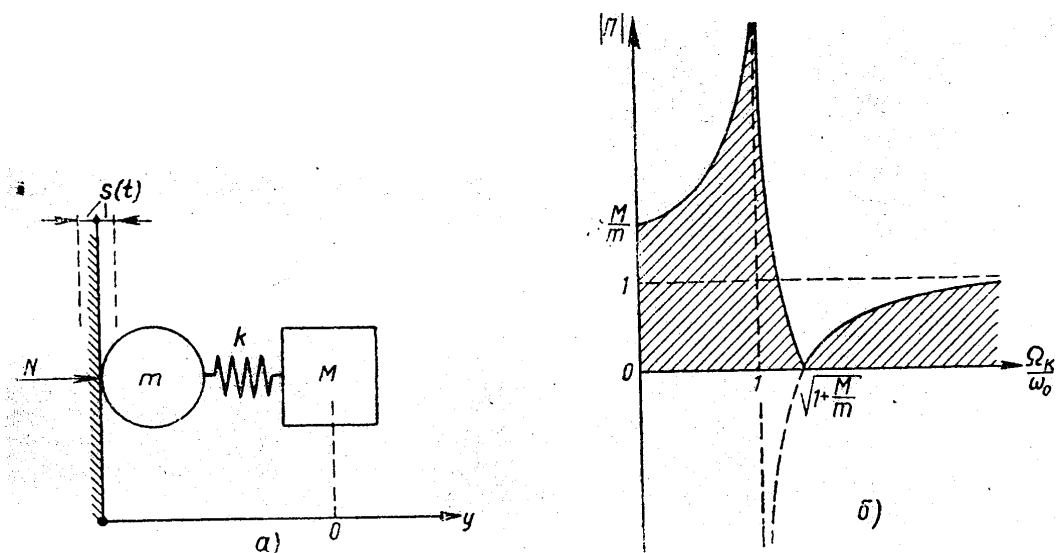


Рис. 1. Виброметр, прижимаемый к вибрирующей поверхности:

а - схема; б - зависимость между силой, прижимающей виброметр, и критической частотой

Уравнение движения данной системы имеет вид:

$$M\ddot{y} + ky = -M\ddot{S}$$

В дальнейшем сила тяжести $(M + m)g$, действующая так же, как внешняя сила прижима, включается в символ P_0 . При горизонтальном расположении прибора (рис. 1а) сила тяжести не влияет на работу прибора.

Если вибрация имеет гармонический характер, то установившиеся вынужденные колебания массы M будут происходить с той же частотой. Можно ввести обозначения с учетом собственной частоты:

$$M/m = \mu ; \quad \Omega / \omega_0 = \zeta$$

и представить уравнение движения в виде

$$N - P_0 = m \ddot{s} \frac{\zeta^2 - \mu - 1}{\zeta^2 - 1}$$

В общем случае при постепенном возрастании амплитуды вибрации платформы достигается условие $N = 0$ и происходит отрыв. Получаемое при этом ускорение является критическим и может иметь два знака.

Условие появления отрыва запишется в виде

$$\Pi = \frac{\mu}{\zeta^2 - 1} - 1,$$

где обозначено $\Pi = P_0 / mS\kappa S$.

На рис. 1 б эта зависимость между прижимающей силой и критической частотой представлена графически, а заштрихованная область представляет собой совокупность значений Π и ζ , при которых происходит отрыв. При этом левая ветвь соответствует приборам, которые работают как акселерометр, когда $\Omega < \omega_0$. Для обеспечения устойчивой работы акселерометра требуется приложить к его корпусу силу не менее $(M + m)\ddot{S}_a$ при самых низких частотах. При повышении частоты эта сила должна возрастать и тем быстрее, чем ближе частота вибрации к собственной частоте прибора.

Правая ветвь на рис.1, б соответствует приборам, работающим в режиме виброметра, когда выполняется условие: $\Omega > \omega_0$. При этом виброметр, прижимаемый только силой тяжести $(M + m)g$, пригоден в неограниченном верху диапазоне частот при выполнении условия:

$$\ddot{S}_a < \frac{M + m}{m} g \approx g.$$

2. Схемы пружинного подвеса

Пружинные подвесы можно разделить по конструкции на две группы:

1) подвесы с направленным ходом или движением инерционного элемента;

2) подвесы без направленного хода.

На рис. 2 показаны различные конструктивные исполнения пружинного подвеса с дополнительными направляющими элементами.

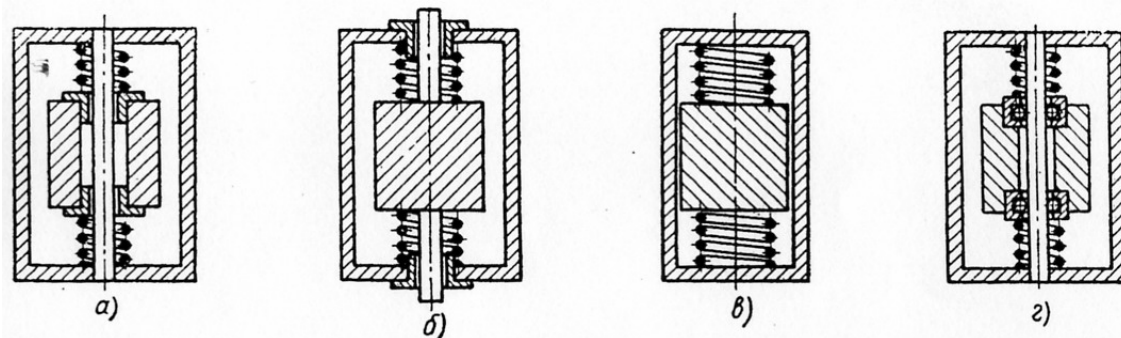


Рис. 2. Конструкции пружинного подвеса с дополнительными направляющими элементами

Основным недостатком таких конструкций является наличие трущихся поверхностей, что ухудшает характеристики прибора.

На рис.3 показаны конструкции подвеса с плоскими пружинами. При этом отсутствует сухое трение, что снижает порог чувствительности.

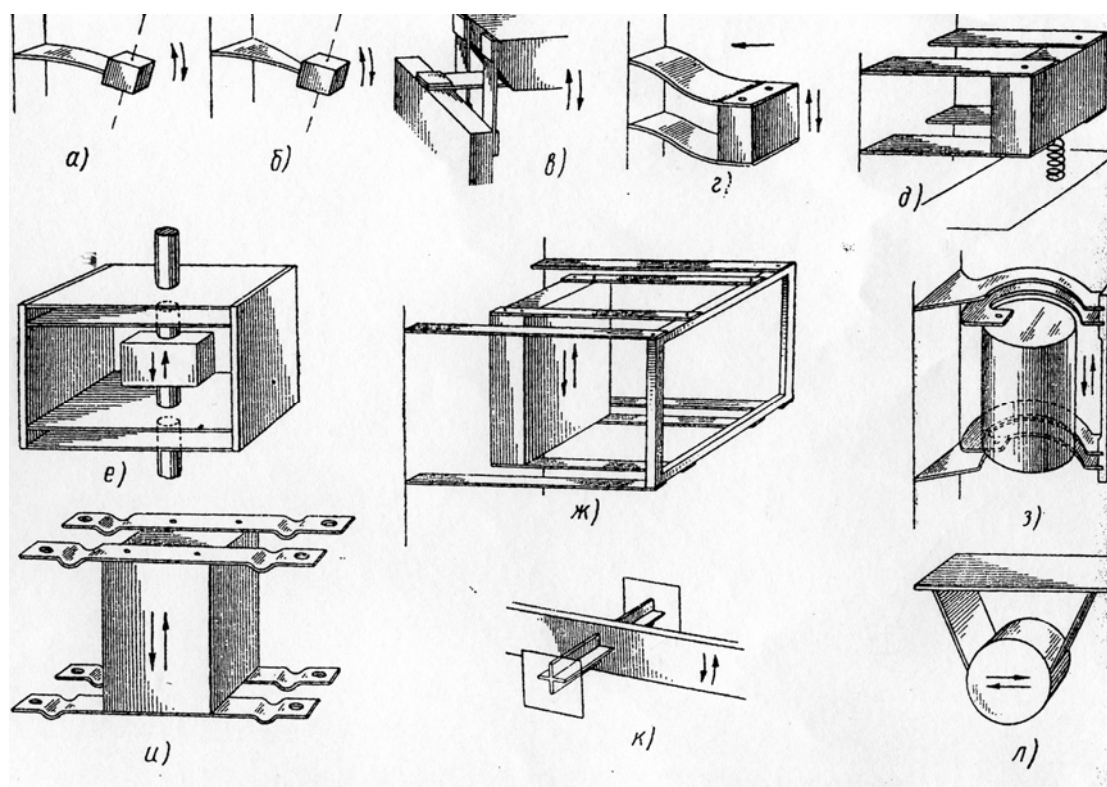


Рис. 3. Конструкции подвеса с плоскими пружинами

Наиболее совершенной является конструкция с двусторонним и односторонним промежуточным подвижным креплением (рис.4), в которых оси инерционного элемента не наклоняются. Возможно также введение дополнительной массы между пружинами (рис.5).

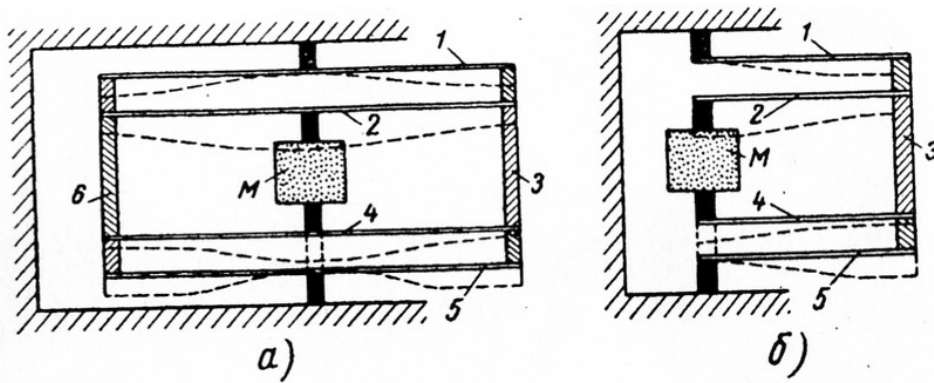


Рис. 4. Подвес с промежуточным подвижным креплением плоских пружин:
 а – двусторонний; б – односторонний; 1, 2, 4, 5 – плоские пружины,
 3, 6 – жесткие стойки

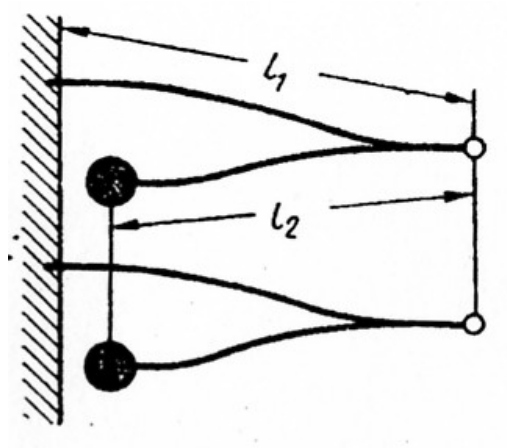


Рис. 5. Схема подвеса с промежуточным подвижным креплением -
 - одностороннего или одной из половин двустороннего

Подвесы на плоских пружинах обладают сильной чувствительностью к угловым колебаниям вокруг оси. Возможно также применение плоских круглых пружин, что позволяет создавать компактные конструкции (рис. 6).

Для сравнения можно рассмотреть вариант пружинного подвеса на двух плоских пружинах с шарнирами (рис. 7).

На рис. 8 показаны подвесы, которые применяются в торсионметрах. При вращении исследуемого объекта с постоянной скоростью не изменяются показания данного прибора.

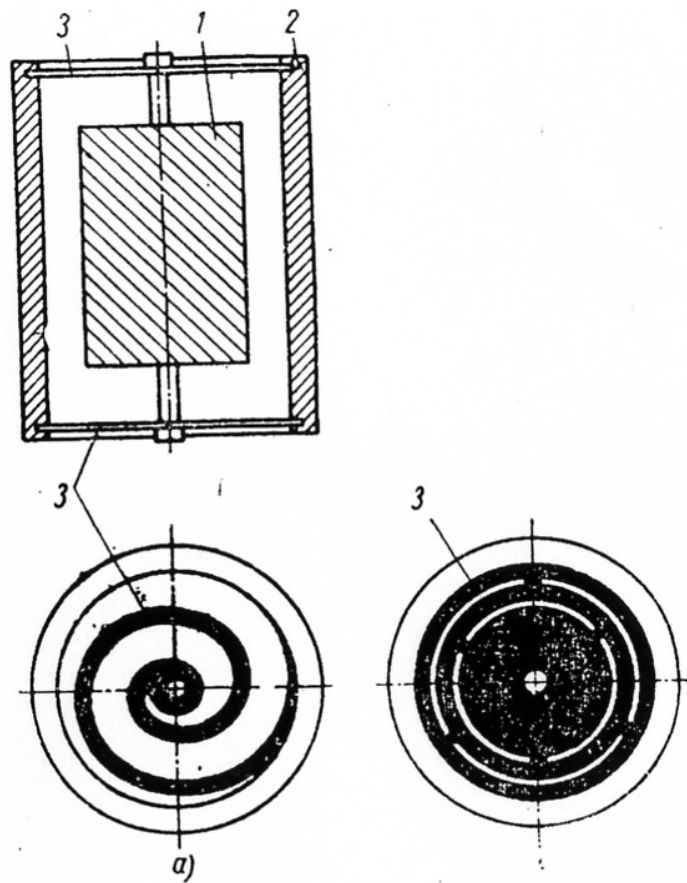


Рис. 6. Подвес с круглыми плоскими пружинами:

а – спиральные пружины; б – пружины «паук»;
 1 – инерционный элемент; 2 – кожух; 3 – пружины

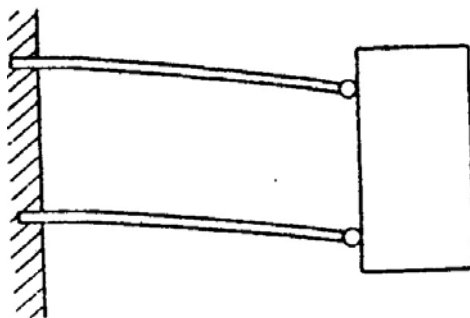


Рис. 7. Подвижно-шарнирное закрепление

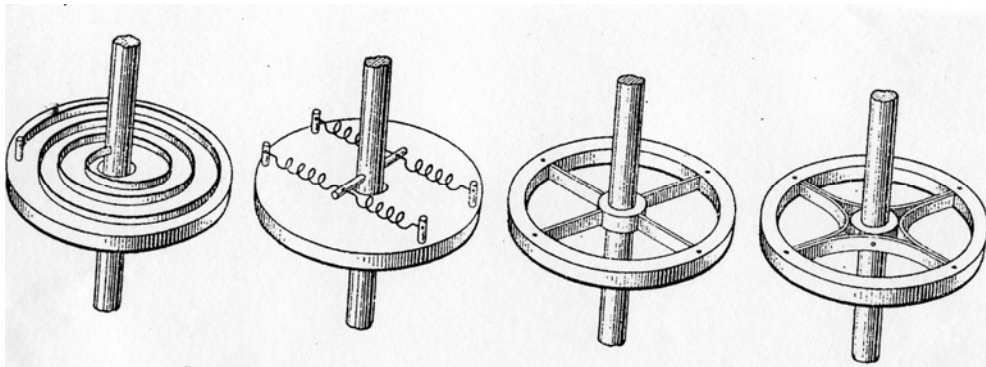


Рис. 8. Подвесы, используемые в торсиометрах

3. Повес с винтовой цилиндрической пружиной

Схема подвеса на винтовой цилиндрической пружине показана на рис.9. При этом коэффициент упругости пружины равен: $K = G \cdot d^4 / 8n \cdot D^2$. Масса n действующих витков пружины равна m , M – масса инерционного элемента (d – диаметр проволоки; D –средний диаметр навивки; G –модуль сдвига).

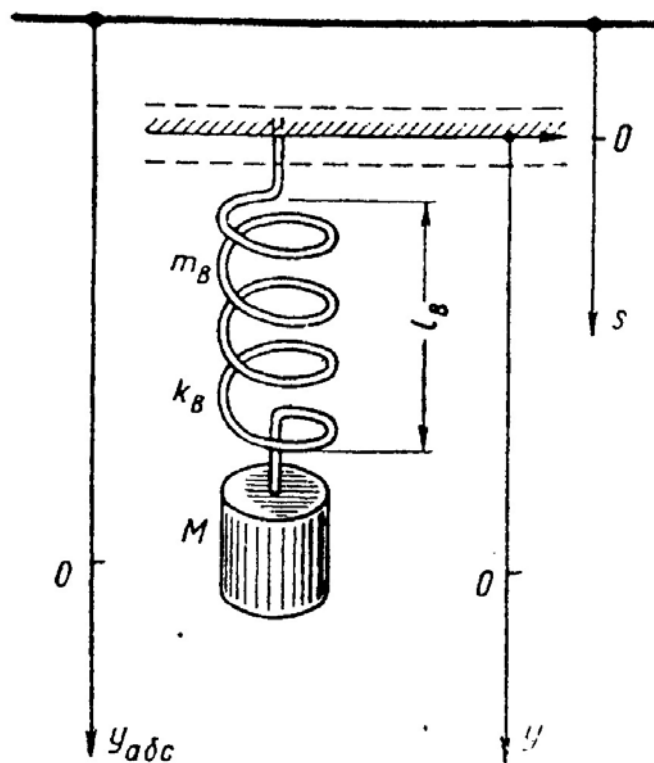


Рис. 9. Подвес с винтовой цилиндрической пружиной

На рис. 10 показаны амплитудно-частотные характеристики подвеса с винтовой цилиндрической пружиной.

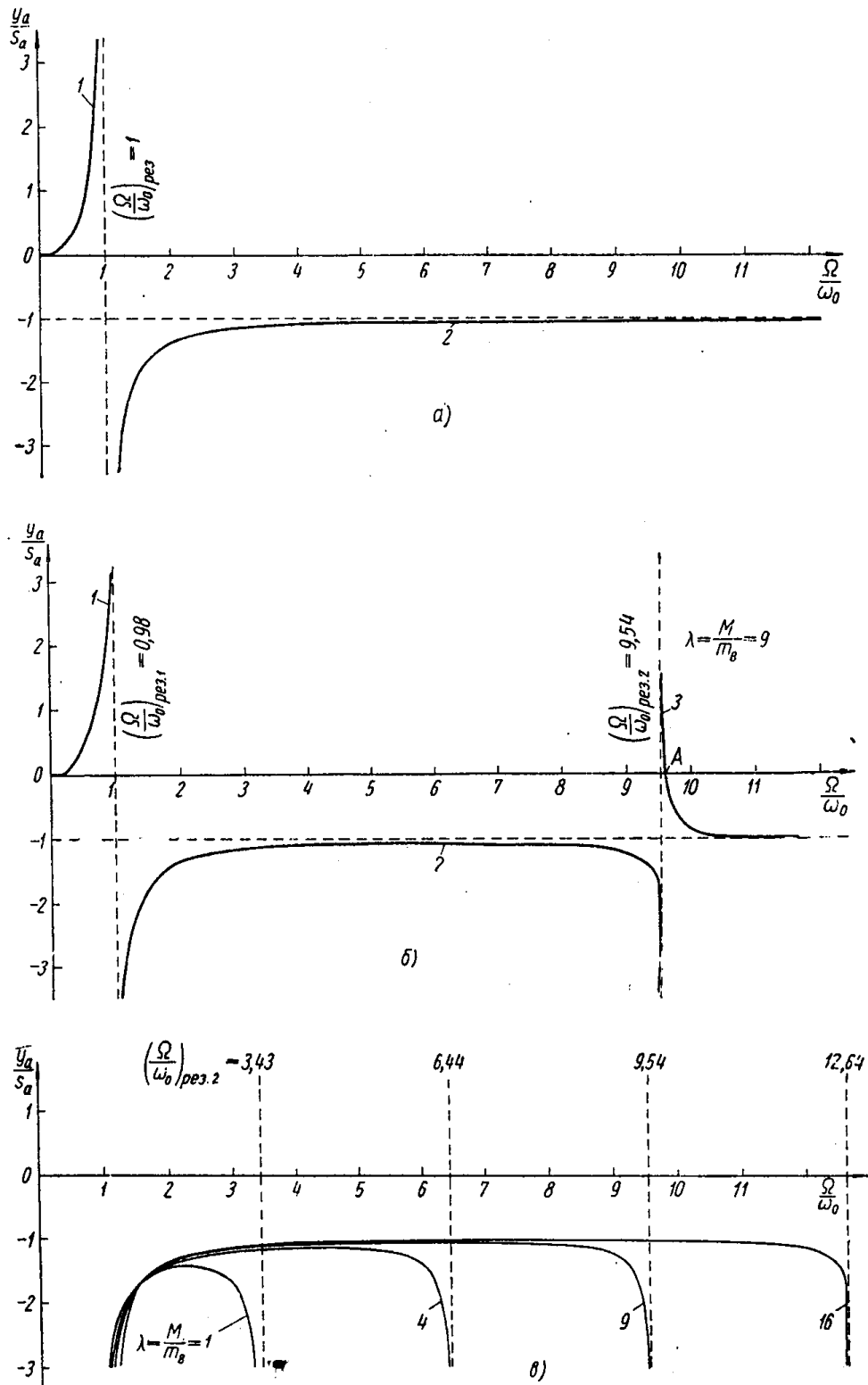


Рис. 10. Амплитудно-частотная характеристика подвеса с винтовой цилиндрической пружиной:

а- при λ ; б- при $\lambda = 9$; в- ветвь 2 при различных значениях λ .

4. Повес с плоской и цилиндрической подпятниковой пружинами

На рис. 11 показана схема подвеса инерционного элемента.

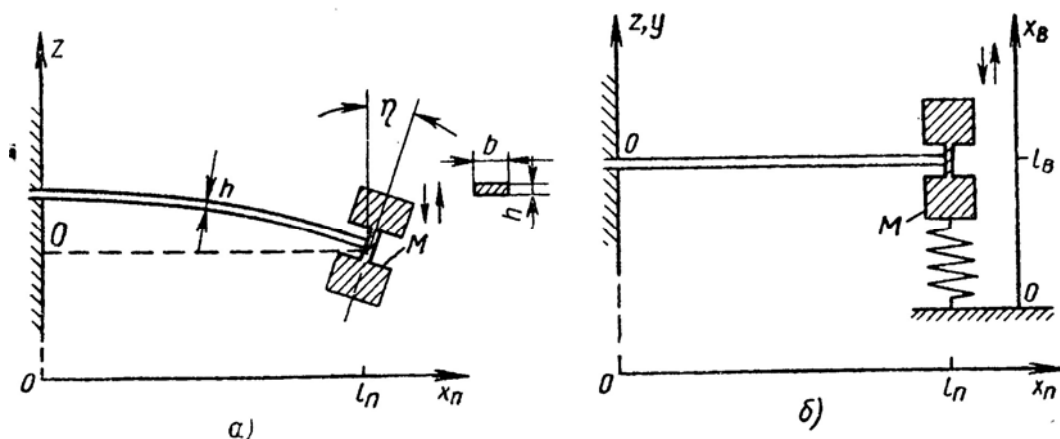


Рис. 11. Подвес инерционного элемента:

а – на свободном конце плоской пружины; б – с добавлением подпятниковой винтовой цилиндрической пружины.

Длина l_B навивки цилиндрической пружины условно доведена до центра тяжести инерционного элемента.

При расчетах предполагается, что положение массы (груза) на конце пружины определяется только линейным перемещением массы с учетом малых колебаний.

Список литературы

1. Иориш Ю.И. Виброметрия. – М.: Машгиз, 1963. -772 с.
2. Гладких П.А. Борьба с вибрацией и шумом в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1966.- 100 с.
3. Герасимов В.Я. Вибрации и колебания в технике: Иллюстрационный материал. – Курган: КМИ, 1991. – 11 с.
4. Герасимов В.Я. Иллюстративный материал по взаимосвязи теоретической механики со специальными дисциплинами: Учебное пособие. – Екатеринбург, 1992. – 56 с.
5. Белякин С.К., Попадчук С.Б. Исследование производственных вибраций: Методические указания к выполнению лабораторной работы. – Курган: КГУ, 2004. – 28 с.
6. Герасимов В.Я., Герасимова О.В. Расчет машин вибрационного действия: Методические указания к выполнению курсового проекта для студентов специальности 260601 (170600). - Курган: КГУ, 2005. – 18 с.

Герасимова Ольга Васильевна

**ИНЕРЦИОННЫЕ ПРИБОРЫ И СТЕНДЫ
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВИБРАЦИИ**

Иллюстративный материал
для самостоятельной работы
студентов специальности 280101
«Безопасность жизнедеятельности в техносфере»

Редактор Н.М. Устюгова

Подписано к печати
Печать трафаретная
Заказ

Формат 60x84 1/16
Усл.печ.л. 0,75
Тираж 30

Бумага тип. № 1
Уч. – изд. л. 0,75
Цена свободная

РИЦ Курганского государственного университета.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.