

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачёва»

Кафедра информационных и автоматизированных
производственных систем

Колебания с демпфированием

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине
«**Динамические процессы горных машин и оборудования**»
для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»,
специализации «Горные машины и оборудование»,
всех форм обучения

Составители В. Н. Ермак
М. Ю. Дрыгин

Утверждены на заседании кафедры
Протокол № 7 от 01.03.2017
Рекомендованы к печати
учебно-методической комиссией
направления 21.05.04.09
Протокол № 7 от 25.03.2017
Электронная версия находится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2017

Цель и задачи занятия

Цель занятия – дать студенту представление об основных характеристиках свободных колебаний упруго подвешенной массы.

Задачи:

1. На движущемся листе бумаги записать колебания массы при слабом и сильном демпфировании.
2. Для слабого демпфирования определить декремент затухания.

Краткие сведения из теории

Демпфером называется устройство, гасящее колебания. Демпфер создаёт сопротивление, направленное против движения массы. Сила сопротивления зависит от скорости массы и конструкции демпфера. В данной работе используется гидравлический демпфер. Он состоит из штока 7 (рис. 1), поршня 9 и цилиндра 11, заполненного водой (в реальных машинах – маслом) примерно до уровня 8.

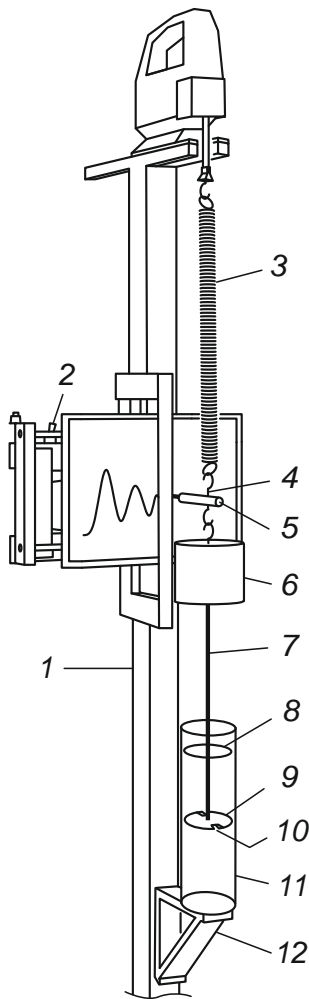


Рис. 1

Поршень выполнен в виде двух одинаковых дисков с прорезями 10 по краям. Разворачивая диски относительно друг друга, создают разное сопротивление движению поршня.

Наличие сопротивления существенно усложняет задачу о колебаниях подвешенной массы. Чтобы упростить задачу, силу сопротивления принимают пропорциональной скорости массы. В таком случае уравнение колебаний имеет вид:

$$x = A e^{-bt} \sin(\omega_1 t + \alpha), \quad (1)$$

где b и ω_1 – константы, зависящие от жёсткости пружины, массы колеблющегося груза и от сопротивления демпфера; A – амплитуда колебаний; α – их начальная фаза.

В отличие от свободных колебаний без сопротивления, в уравнении (1) появляется величина e^{-bt} . С каждым интервалом времени T_1 (рис. 2) эта величина уменьшает амплитуду в e^{-bT_1} раз. Это значит, например, что,

$$x_2 = x_1 e^{-bT_1}.$$

Колебания с убывающей амплитудой называются затухающими. Мету убывания колебаний e^{-bT_1} называют *декрементом затухания*.

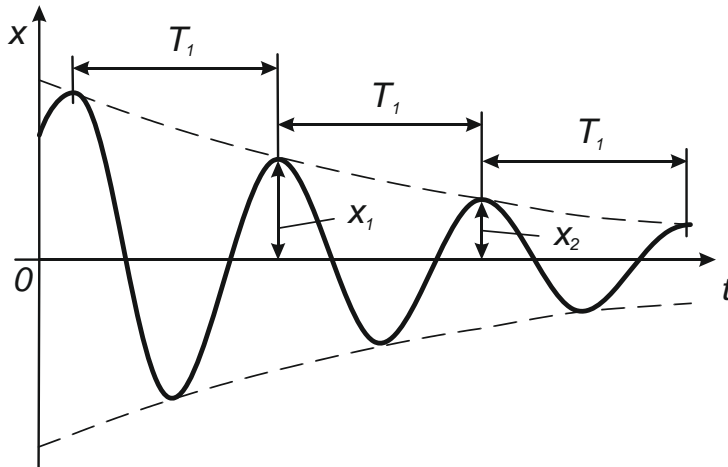


Рис. 2

Хотя колебания перестают быть периодическими, интервал T_1 по-прежнему называют периодом. Период T_1 затухающих колебаний несколько больше периода T колебаний без сопротивления. С ростом сопротивления растёт и T_1 .

Демпфер, показанный на рис. 1, создаёт силу сопротивления, зависящую от скорости более сложным образом, чем принято при выводе уравнения (1), поэтому декремент колебаний в наших опытах получится не постоянным. Требуемому идеалу мешает также сопротивление, создаваемое маркером 5, регистрирующем колебания. Однако качественный характер колебаний при этом будет вполне удовлетворительным.

Когда сопротивление демпфера велико по сравнению с силой пружины, движение массы перестаёт быть колебательным. В зависимости от начального положения и начальной скорости масса переходит через положение равновесия один раз или не переходит вообще (рис. 3).

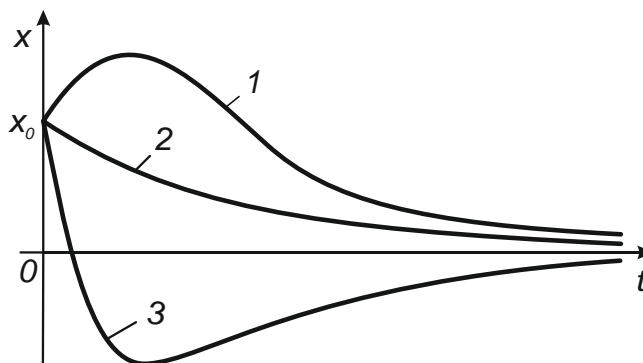


Рис. 3

Кривая 1 показывает движение массы из положения x_0 после толчка вверх, 2 – движение без толчка, 3 – после толчка вниз.

Уравнение движения массы во всех трёх случаях имеет вид:

$$x = C_1 e^{-(b+r)t} + C_2 e^{-(b-r)t}, \quad (2)$$

где C_1 , C_2 – произвольные постоянные, зависящие от начальных условий; остальное есть константы, характеризующие систему. В отличие от уравнения (1) здесь нет синуса-косинуса и, значит, движение не колебательное. В то же время отрицательные показатели степени при e говорят о том, что координата стремится к нулю.

Порядок работы

1. Собрать колебательную систему, как показано на рис. 1. В систему входит пружина 3 диаметром 30 мм и груз 6 массой 5 кг. Сначала подвешивают пружину, затем держатель 4 маркера 5, но пока без маркера, груз 6 в сборе со штоком 7 и дисками поршня 9.
2. Диски выставить так, чтобы просвет 10 был шириной 3–4 мм.
3. Прикрепить струбциной (на рис. 1 она не показана) кронштейн 12.
4. На кронштейн установить цилиндр 11.
5. Поддерживая цилиндр, скорректировать высоту кронштейна так, чтобы поршень располагался примерно посередине цилиндра.
6. Заполнить цилиндр водой до уровня 8.
7. Заправить в планшет бумагу и защитную полосу картона.
8. Отвести планшет в исходное положение.
9. Вставить маркер 5 в держатель 4 и подпереть его пружиной.
10. Оттянуть шток 7 вниз на 60–70 мм.
11. Тумблером 2 включить протяжку планшета с бумагой и не медля отпустить шток 7. Груз 6 начнёт колебаться.
12. После остановки планшета выключить протяжку.
13. Обратным движением планшета прочертить нулевую линию.
14. Снять маркер и надеть на него колпачок.
15. Снять запись и подготовить планшет для новой записи.
16. Поднять груз за шток 7 и убрать цилиндр 11 с кронштейна 12.
17. Полностью перекрыть просветы 10 на поршне. Этим будет создано максимальное сопротивление движению поршня.
18. Вернуть цилиндр с водой на место.
19. Записать новые колебания, повторив пункты 9–14.
20. По первой записи определить декремент затухания.

Контрольные вопросы

1. Какие колебания называются затухающими?
2. Что является мерой затухания?
3. Что такое демпфер?
4. Чем изменялось сопротивление демпфера в лабораторной работе?
5. Нарисуйте график затухающих колебаний при слабом сопротивлении демпфера.
6. Нарисуйте график затухающих колебаний при сильном сопротивлении демпфера.
7. Поясните кривые на рис. 3 данных указаний. Какая из них соответствует записанной.

Литература

Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики: учеб. для втузов. – Москва : Высш. шк., 2005. – 416 с.

Составители
Владимир Николаевич Ермак
Михаил Юрьевич Дрыгин

Колебания с демпфированием

Методические указания к практическим занятиям по дисциплине
«Динамические процессы горных машин и оборудования»
для студентов специальности 21.05.04 «Горное дело»,
специализации «Горные машины и оборудование»,
всех форм обучения

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 29.05.2017. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 0,3.

Тираж 24 экз. Заказ

КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Издательский центр УИП КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4 А.