

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

Вынужденные колебания

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 вынужденных колебаний упруго подвешенной массы.

Задачи:

1. Записать зарезонансные колебания.
2. Определить частоту возбуждения и собственную частоту.
3. Сопоставить амплитуду возбуждения с амплитудой вынужденных колебаний.
4. Сопоставить экспериментальную частоту с теоретической.

Краткие сведения из теории

На данном занятии рассматриваются вынужденные колебания без демпфирования. Известны два вида возбуждения колебаний: 1) при помощи возмущающей силы, приложенной непосредственно к колеблющейся массе; 2) путём колебания точки подвеса пружины. На данном занятии применяется второй вид возбуждения, оно называется кинематическим (рис. 1).

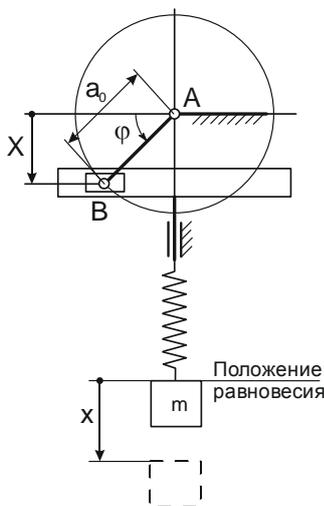


Рис.1

Точка подвеса пружины приводится в движение синусным механизмом. Координата его выходного звена, а вместе с ним и координата точки подвеса меняется по закону

$$X = a_0 \sin \varphi = a_0 \sin pt, \quad (1)$$

где p – круговая частота возбудителя. Эта частота равна угловой скорости кривошипа AB , поэтому $\varphi = pt$.

Координата подвешенной массы

$$x = \frac{a_0}{1-(p/\omega)^2} \sin pt, \quad (2)$$

где ω – собственная частота массы m .

Формула (2) показывает, что вынужденные колебания являются гармоническими. Их частота равна p , т. е. такая же, как у возбудителя, амплитуда

$$B = \frac{a_0}{1-(p/\omega)^2}. \quad (3)$$

Как видно по формуле, амплитуда вынужденных колебаний существенно зависит от соотношения частот p и ω . Если частота воз-

буждения p совпадает с собственной частотой ω подвешенной массы m , то возникает резонанс, при котором амплитуда вынужденных колебаний стремится к бесконечности. При $p < \omega$ говорят, что колебательная система находится в дорезонансной области, а при $p > \omega$ в зарезонансной.

При $p \ll \omega$, т. е. глубоко в дорезонансной области, $x \approx X$; масса почти полностью повторяет движение возбудителя и находится с ней в одной фазе.

При $p \gg \omega$ – см. формулу (3) – амплитуда стремится к нулю (на этом свойстве зарезонансных колебаний держится практически важная область техники – виброизоляция). Амплитуда, к тому же, становится отрицательной и меняет знак координаты x на противоположный. Это говорит о том, что в зарезонансной области колебания происходят в противофазе. Основная задача данной работы состоит как раз в том, чтобы убедиться в существенном уменьшении колебаний, а также в сдвиге фаз на 180° .

Описание оборудования

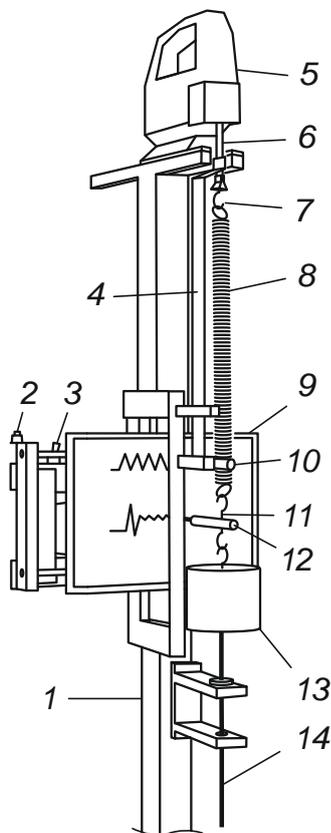


Рис. 2

Возбудителем колебаний является электролобзик 5 (рис. 2), его запускают нажатием на кнопку 2. При отпускании кнопки лобзик останавливается. Лобзик регулируемый и настроен на минимальную частоту колебаний.

К удлинителю 6 лобзика подвешена пружина 8 с колеблющейся массой 13. Движение удлинителю сообщает синусный механизм, встроенный в электролобзик, поэтому колебания точки подвеса пружины оказываются гармоническими. Они регистрируются маркером 10, подвешенным к удлинителю через средство линейки 4.

Колебания подвешенной массы регистрирует маркер 12, известный по предыдущим занятиям.

Чтобы избежать резонанса на этапе разбега возбудителя колебаний, массу 13 сначала удерживают за стержень 14, и только после наступления установившегося движения

плавно отпускают. С этого момента идёт запись установившихся вынужденных колебаний массы 13.

Под конец записи отпускают кнопку 2 и тем самым отключают возбудитель. Если после этого не притормозить массу, то на короткое время возникнет ещё один резонанс, который на этот раз мы запишем. В заключение, обратным движением планшета прочерчивают горизонтальную прямую. Примерный вид записи показан на рис. 3.

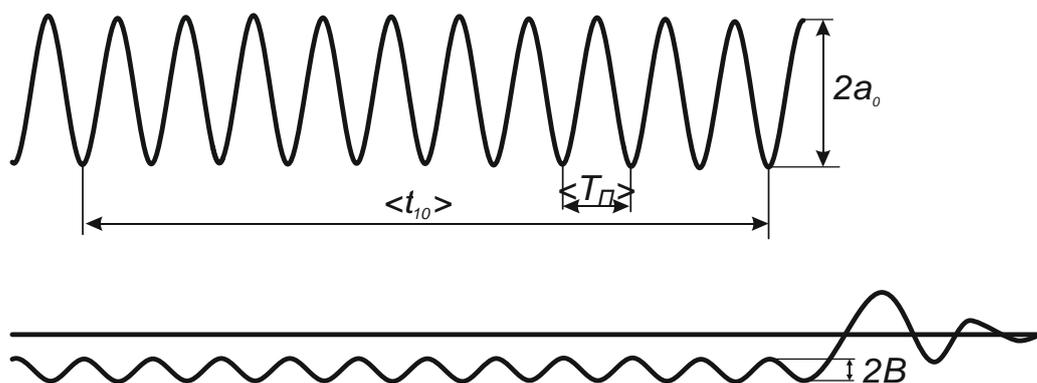


Рис. 3

Сверху – колебания возбудителя, внизу – вынужденные колебания.

Порядок работы

1. Собрать колебательную систему в соответствии с рис. 2.
2. Записать вынуждающие и вынужденные колебания. С этой целью:
 - 2.1. Отвести планшет 9 в крайнее правое положение, проследив за правильным положением толкающей бусинки;
 - 2.2. Снять с маркеров колпачки и установить их в держатели;
 - 2.3. Придерживая массу 13 за стержень 14, кнопкой 2 включить возбудитель колебаний 5, кнопку держать нажатой до отмены в п. 2.5;
 - 2.4. Медленно отпуская стержень 14, добиться установившихся мелких колебаний массы, после чего тумблером 3 включить протяжку бумаги;
 - 2.5. Когда до конца записи останется примерно 1/3 планшета, отпустить кнопку 2. При этом вынуждающие колебания быстро прекратятся, а вынужденные усилятся. Это произойдёт на выбеге возбудителя при прохождении его через резонансную частоту. Через 2–3 колебания их прерывают торможением за стержень 14.
 - 2.6. Когда планшет дойдёт до своего упора и остановится, выключить протяжку.

3. Измерить отрезок $\langle t_{10} \rangle$ (рис. 3), охватывающий 10 периодов колебаний точки подвеса пружины, и по нему вычислить отрезок $\langle T_{\Pi} \rangle$, охватывающий 1 период. При необходимости можно ограничиться меньшим числом периодов.
4. По записи, сделанной для той же массы и пружины в работе «Регистрация свободных колебаний», найти аналогичный отрезок $\langle T \rangle$, охватывающий тоже 1 период.
5. Через отношение отрезков, найденных в п. 4, определить отношение вынуждающей частоты колебаний к собственной: $\frac{p}{\omega} = \frac{\langle T \rangle}{\langle T_{\Pi} \rangle}$.
6. По формуле (3) вычислить амплитуду B вынужденных колебаний и сравнить её с фактической амплитудой, измеренной по записи (см. удвоенную амплитуду $2B$, рис. 3). Амплитуду a_0 снять с той же записи.

Контрольные вопросы

1. Охарактеризуйте силовое и кинематическое возбуждение колебаний.
2. Что значит резонанс?
3. С какой частотой происходят вынужденные колебания?
4. Как зависит амплитуда вынужденных колебаний от отношения собственной частоты к частоте возбуждения?

Литература

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

Составители
Владимир Николаевич Ермак
Михаил Юрьевич Дрыгин

Вынужденные колебания

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.