

АППАРАТУРНО-КОМПЬЮТЕРНЫЙ КОМПЛЕКС ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСАМ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ

Захезин Альберт Михайлович

Доцент кафедры «Теоретическая механика и основы проектирования машин» Аэрокосмического факультета ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г. Челябинск, кандидат технических наук, доцент

Воителев Павел Юрьевич

Заведующий лабораторией при кафедре «Теоретическая механика и основы проектирования машин» Аэрокосмического факультета ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет», г. Челябинск

Пакулев Михаил Валерьевич

Генеральный директор ООО Инженерный Центр Диагностики и контроля «СоюзТехГаз», г. Челябинск

Рыбин Владимир Александрович

Ведущий эксперт по обследованию зданий и сооружений ООО Инженерный Центр Диагностики и контроля «СоюзТехГаз», г. Челябинск

Родионов Игорь Александрович

Эксперт отдела экспертизы промышленной безопасности ООО Инженерный Центр Диагностики и контроля «СоюзТехГаз», г. Челябинск

Сотрудники кафедры «Теоретическая механика» к.т.н., доц. Захезин А.М., к.т.н., доц. Малышева Т.В., к.т.н. Иванов Д.Ю., Воителев П.Ю. Южно-Уральского Государственного Университета, совместно с М.В. Пакулевым, Рыбиным В.А. и Родионовым И.А. разработали рабочие чертежи и собрали аппаратурно-компьютерный комплекс лабораторных работ по курсам теоретической и прикладной механики с применением виброизмерительной аппаратуры фирм «Роботрон» и «Брюль и Кьер», соединенной по каналам связи через многоканальный синхронный регистратор с ЭВМ, использующей современные пакеты прикладных программ MATLAB и MATCAD, ПО «Атлант». Отдельные работы разработаны совместно с М.В. Пакулевым «СоюзТехГаз».

Лабораторные работы проводятся вузовско-академической лабораторией «Диагностика машин» УрО АН в курсе преподавания теоретической и прикладной механики для отдельных специальностей Южно-Уральского государственного университета. Цикл лабораторных работ [1] позволяет студентам приобретать навыки решения практических задач виброзащиты, балансировки и вибродиагностики различных машин и механизмов. Лабораторное оборудование предназначено для знакомства

студентов с современными методами измерения, регистрации и анализа вибрационных сигналов, вопросами калибровки, демонстрации принципов технической диагностики, вопросами последовательного анализа сигналов в реальном времени, определения свойств материалов, частот и форм колебаний, принципов балансировки, а также определения спектральных составляющих. На основании результатов эксперимента делается ряд предположений относительно реальной системы и выбирается математическая модель. При сопоставлении полученных теоретических и экспериментальных результатов делаются выводы о состоятельности таких предположений и о соответствии математической модели реальной физической системе.

Лабораторный комплекс состоит из нескольких лабораторных установок, измерительной и регистрирующей аппаратуры и ЭВМ. В качестве аппаратного обеспечения используются виброакселерометры, калибраторы вибропреобразователей, интегрирующие усилители, двухканальные переключатели, узкополосные фильтры, регуляторы уровня вибрации стола вибростенда, усилители мощности, вибростол, фазометры, генераторы сигналов.

Стенд для определения динамических характеристик резинометаллических виброизоляторов показан на фото 1. Он работает в режиме автоматической поддержки постоянного уровня СКЗ виброускорений на вибростоле при синусоидальном возбуждении с плавной разверткой частоты в диапазоне 10-500 Гц. Стенд позволяет определить амплитудно-частотные и фазовые характеристики виброизоляторов. Полученные данные используются для расчетов коэффициентов жесткости и демпфирования виброизоляторов.

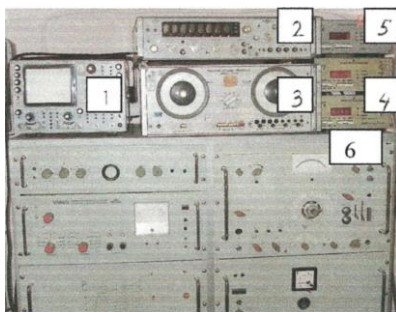


Фото 1. Измерительная и регистрирующая аппаратура:

- 1 – осциллограф; 2 – частотомер; 3 – усилитель мощности; 4 – измеритель амплитуды; 5 – фазометр; 6 – генератор синусоидального сигнала

Лабораторная работа, исследующая колебания системы с двумя степенями свободы, позволяет определить собственные частоты и формы колебаний упругой балки. В данной работе экспериментально определяются две первые собственные частоты колебаний балки по амплитудно-частотным характеристикам балки. В качестве математической модели исследуемой системы выбирается механическая система с двумя степенями свободы, состоящая из упругой невесомой балки и двух сосредоточенных масс. Определяются теоретические собственные частоты колебаний балки по математической модели свободных колебаний системы с двумя степенями свободы. Строятся теоретические собственные формы и сравниваются с экспериментально полученными, делаются выводы о соответствии теоретической модели системы реальной физической системе.

Лабораторная работа, исследующая колебания бетонного образца (фото 2) – система с одной степенью свободы или лабораторная работа, посвященная исследованию колебаний системы с двумя степенями свободы – упругая балка из легированной стали, жестко закрепленная одним концом на столе вибростенда (фото 3), поводится следующим образом.

Синусоидальный сигнал с генератора через усилитель мощности поступает на вибростенд. На генераторе задается частота возбуждения. С помощью усилителя амплитуда виброускорения на столе вибростенда поддерживается постоянной. Измерения проводятся с помощью следующей аппаратуры. Датчики виброускорения – пьезоэлектрические акселерометры – установлены на столе вибростенда и на грузе, баке или бетонном образце. Сигнал виброускорения с датчиков поступает на измеритель амплитуды, затем на частотомер, фазометр и осциллограф.

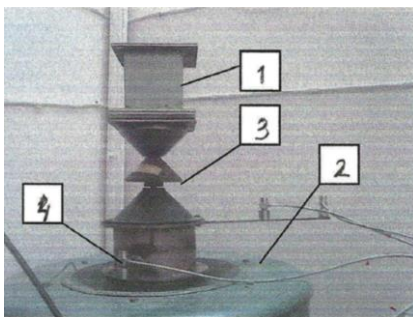


Фото 2. Вибростенд для измерения динамических характеристик бетонных образцов:

- 1 – бетонный образец; 2 – вибростенд;
3 – груз; 4 – пьезоэлектрический акселерометр

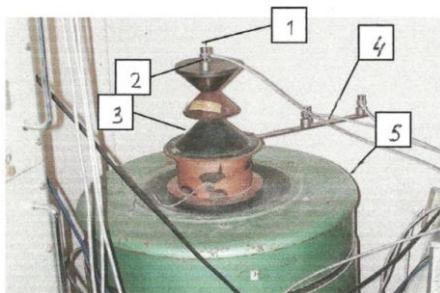


Фото 3. Вибростенд с установленными системами одной и двумя степенями свободы:

- 1 – пьезоэлектрический акселерометр; 2 – груз (система с одной степенью свободы); 3 – виброизолятор; 4 – заземленная балка (система с двумя степенями свободы); 5 – вибростенд

Датчики измеряют мгновенные значения виброускорений; измерители амплитуды показывают амплитуды виброускорения на столе вибростенда и на грузе; частотомер – частоту колебаний стола (колебания груза происходят с той же частотой); фазометр измеряет разность фаз между ускорением груза и ускорением стола; на экране осциллографа видны зависимости значений ускорения стола и груза от времени (две синусоиды одинаковой частоты и разной амплитуды, сдвинутые на величину разности фаз).

Стенд для проведения статической и динамической балансировки с использованием переносного измерительного оборудования изображен на фото 4. Он предназначен для определения величины и угла дисбаланса относительно выбранного положения в диске роторной системы и устранения этого дисбаланса путем компенсирования с помощью добавочной массы. Добавочная масса прикрепляется сначала в произвольном угловом положении, а затем в положении, определенном с помощью векторной диаграммы. Правильность проведения динамической и статической балансировки определяется с помощью измерения вибрационных уровней виброускорений, а также при использовании показаний фазометра для определения углового положения добавочной массы.

В лабораторной работе, посвященной балансировке роторной системы, исследованию технического состояния подшипников качения экспериментально исследуются колебания роторной системы, и по полученным экспериментальным данным производится балансировка одного из дисков лабораторной установки. При этом производится расчет корректировочной массы и определяется угол, на который необходимо установить корректировочную массу.

Сопоставляя полученные теоретические и экспериментальные результаты, можно сделать выводы о качестве проведения балансировочных работ. Данная лабораторная установка также позволяет диагностировать различные неисправности подшипников качения и в целом роторной системы (небаланс, несоосность, изгиб линии вала, ослабление крепления опор).

Исследуемая система представляет собой простейшую роторную систему (фото 4 и 5). Конструктивно лабораторная установка состоит из основания, на котором крепятся две опоры, кронштейн датчика и асинхронный двигатель типа КД-50-У4 мощностью 60 Вт с номинальной частотой вращения 2750 об/мин. В опорах на подшипниках качения вращается вал с двумя дисками. Вал соединен с двигателем с помощью муфты. Датчики виброускорения – пьезоэлектрические акселерометры – установлены на опорах – подшипниках качения. Сигнал виброускорения с датчиков поступает на измерители амплитуды, датчики измеряют мгновенные значения виброускорений; измерители амплитуды показывают амплитуды виброускорения на опорах.

Датчики виброускорения помещаются на опоры в вертикальном и горизонтальном направлениях, ближе к дискам с дисбалансом.

Фото 4. Стенд для балансировки:

- 1 – добавочный груз;
- 2 – подшипник качения;
- 3 – балансировочный диск;
- 4 – электродвигатель

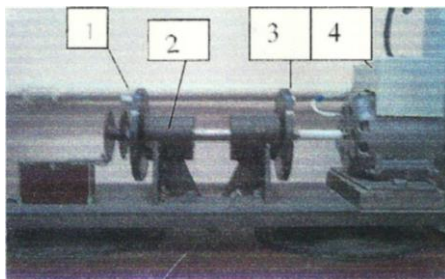


Фото 5. Аппаратура для оцифровки и обработки сигналов на ЭВМ:
1 – ЭВМ; 2 – АЦП (аналого-цифровой преобразователь);
3 – виброанализатор

В современном состоянии все измерения, полученные при проведении лабораторных работ, можно передать на ЭВМ и обработать программно. На основании результатов эксперимента делается ряд предположений относительно реальной системы и выбирается математическая модель. Сопоставляя полученные теоретические и экспериментальные результаты, делаются выводы о состоятельности таких предположений и о соответствии математической модели реальной физической системе. Лабораторное оборудование предназначено для знакомства студентов с современными методами измерения, регистрации и анализа вибрационных сигналов, вопросами калибровки, демонстрации принципов технической диагностики, вопросам последовательного анализа сигналов в реальном времени, определения свойств материалов, частот и форм колебаний, принципам балансировки, а также определения спектральных составляющих сигнала.

Библиографический список

1. Захезин А.М., Малышева Т.В., Иванов Д.Ю. Теоретическая и прикладная механика: Учебное пособие для выполнения лабораторных работ. – Челябинск: ЮУрГУ, 2007. – С.84.
2. Аппаратурно-компьютерные технологии в лабораторных работ по курсам теоретической и прикладной механики: Сборник аннотаций докладов VIII Всесоюзного съезда по теоретической и прикладной механике / А.М. Захезин, Т.В. Малышева, Д.Ю. Иванов, О.П. Колосова. – Пермь, 2001.
3. Захезин А.М., Бук В.А., Михайлов В.И. Опыт работы по профилизации теоретической механики: Тезисы докладов VII Всесоюзного съезда по теоретической и прикладной механике. – М., 1991.