

панели из композиционных материалов, работающих в области больших перемещений и углов поворота нормали и связанной с этим существенной перестройкой исходной геометрии конструкции;

– исследование влияние граничных условий на особенности критического и закритического деформирования арочных и панельных конструкций из многослойных композитов в рамках разработанных математических моделей;

– исследование возможности снижения максимальных значений ускорений в заданных точках каркасных конструкций стартовых установок авиакосмических систем, а также возможности повышения трещиностойкости и несущей способности элементов каркасных конструкций, выполненных как из традиционного железобетона, так и из перспективных многослойных композитов, при действии статических и динамических нагрузок различного вида и природы (включая сейсмические), путем использования амортизирующих систем.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 16-01-00641).

УДК 62.752, 621:534.833; 888.6

ДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЛОКАЛЬНЫХ СТРУКТУРНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

А. В. ЕЛИСЕЕВ

Иркутский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация

Введение. Механические колебательные системы с одной и двумя степенями свободы являются наиболее часто используемой платформой для оценки динамических свойств технических объектов, работающих в условиях динамических нагрузений [1–3]. Внимание к особенностям динамических состояний определяется интересом к таким факторам, как возникновение динамических реакций, связность колебаний по отдельным степеням свободы, эффекты одновременного действия внешних факторов [4–7]. Развитие измерительной базы для оценки и анализа колебательных процессов предопределяет внимание к ряду особенностей динамических колебательных систем, что инициирует более детализированные подходы к исследованию динамических взаимодействий.

В докладе предлагается возможность построения новых методологических позиций, в рамках которых развивается, детализируется, анализируется концепция взаимодействия механических систем, опирающаяся на представления о существовании неких структурных образований, обладающих фундаментальными свойствами.

Некоторые основные положения. Определение динамических свойств диады. Основным свойством диады предполагается возможность при задании начальных условий реализовать движение в свободной форме. Можно рассматривать не только упругую, но и упруго-диссипативную связь. Принципиальная схема диады с упруго-диссипативной связью представлена на рисунке 1. Возможно включение устройства преобразования движения в структуру диады. Свойства диад отражены в ряде публикаций [7–10].

Интерес к диаде не является самоцелью развиваемого подхода. В работе детально изложены особенности динамических взаимодействий, которые привносит диада в движение механической системы, связанной с опорными поверхностями. Исследования показали, что динамические свойства диады определяют частотные свойства системы с двумя степенями свободы.

Разработан и предлагается метод оценки и определения частот собственных колебаний, основанный на использовании особой функции, которая может быть построена на тех же принципах, на которых построена энергетическая функция Релея. Такая частотная функция предполагает введение в структуру кинетической и потенциальной энергии коэффициента связности колебаний, что достаточно легко определяется для механических колебательных систем с двумя и тремя степенями свободы (к примеру, для цепных систем). Частотная энергетическая функция обладает тем свойством, что её экстремальные значения при изменении коэффициента связности

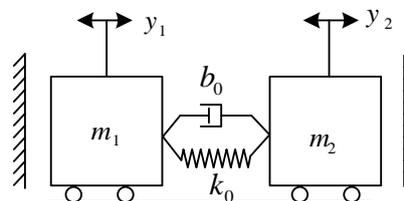


Рисунок 1 – Диада с упруго-диссипативной связью, не взаимодействующая с опорными поверхностями

определяют собственные частоты колебаний механической системы. Детальная информация приводится в работах [11–13].

Проведен широкий круг исследований, в которых изучены и детализированы свойства динамического взаимодействия диады с элементами механических колебательных систем, в том числе обладающими и дополнительными связями. На основе

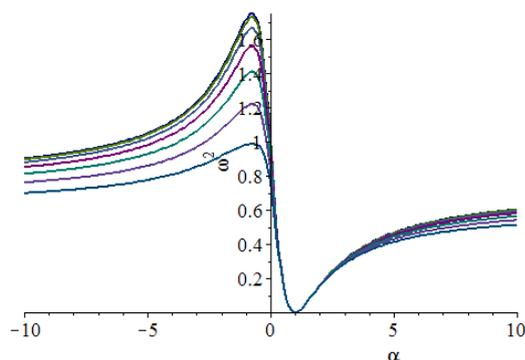


Рисунок 2 – Семейство частотных функций для диады с упруго-диссипативной связью $k_0 = 3 \text{ кг/с}^2$, $m_1 = 3 \text{ кг}$, $m_2 = 4 \text{ кг}$, $b_0 = 0 \dots 3 \text{ кг/с}$, шаг $h = 0,5 \text{ кг/с}$

развитого подхода сформированы и разработаны оценки динамических свойств диады с учетом сил сопротивления, что существенным образом расширяет представления о возможных формах влияния сил сопротивления в структуре колебательных систем. Рассмотрены эффекты влияния сил сопротивления, линейно зависящих от скорости, на частоты собственных колебаний. В качестве иллюстрации на рисунке 2 приведены графики семейства характерных частотных функций, зависящих от коэффициента связности колебаний при варьировании параметра вязкого трения.

В предположении, что частотная энергетическая функция может быть модифицирована с учетом диссипации, рассмотрены возможности расширения исследования при моделировании особенностей динамических взаимодействий.

Заключение. Механические колебательные системы, образующие структуры, связанные с опорными поверхностями, могут быть структурированы введением в качестве фундаментальных структурных образований, рассматриваемых как диады. В физическом смысле диада представляет собой два массоинерционных элемента связанных между собой одним из типовых элементов механических колебательных систем. Динамические параметры диады предопределяют динамические особенности технологических колебательных систем, в которые они входят в качестве структурных образований.

Системы более сложные также могут быть построены на предопределяющих свойствах формируемых такими структурными образованиями как диада.

Список литературы

- 1 Динамический синтез в обобщенных задачах виброзащиты и виброизоляции технических объектов / С. В. Елисеев [и др.]. – Иркутск : Иркутский гос. ун-т, 2008. – 523 с.
- 2 Елисеев, С. В. Прикладная теория колебаний в задачах динамики линейных механических систем / С. В. Елисеев, А. И. Артюнин. – ИргУПС. – Новосибирск : Наука, 2016. – 459 с.
- 3 Елисеев, С. В. Прикладные задачи структурной теории виброзащитных систем : [монография] / С. В. Белокобыльский, С. В. Елисеев, В. Б. Кашуба. – СПб. : Политехника, 2013. – 362 с.
- 4 Кашуба, В. Б. Динамические реакции в соединениях элементов механических колебательных систем / В. Б. Кашуба, С. В. Елисеев, Р. С. Большаков. – Новосибирск : Наука, 2016. – 331 с.
- 5 Елисеев, А. В. Динамика вибрационных взаимодействий элементов технологических систем с учетом неустойчивых связей : [монография] / А. В. Елисеев, В. В. Сельвинский, С. В. Елисеев ; М-во трансп. Российской Федерации, ИргУПС. – Новосибирск : Наука, 2015. – 331 с.
- 6 Елисеев, С. В. Кинематическое возмущение в механических колебательных системах: связность воздействий и ее влияние на динамические свойства / С. В. Елисеев, А. И. Артюнин, К. Ч. Вьонг // Вестник СамГУПС. – 2017. – № 1 (35). – С. 12–21.
- 7 Взаимодействие внешних возмущений – возможности изменения динамических свойств механических колебательных систем / С. В. Елисеев [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2017. – № 4 (36). – С. 7–17.
- 8 Елисеев, А. В. Динамические свойства диады с разнородными парциальными системами / А. В. Елисеев // Вестник ИргТУ. – 2017. – Т. 21. – № 5 (124). – С. 32–53.
- 9 Елисеев, С. В. Структурные образования в механических колебательных системах: диады, их свойства, возможности изменения динамических состояний / С. В. Елисеев, А. И. Орленко, А. В. Елисеев // Транспорт Урала. – 2017. – № 3 (54). – С. 56–63.
- 10 Елисеев, С. В. Устройства для преобразования движения в структуре диады механической колебательной системы / С. В. Елисеев, А. И. Орленко, Д. Х. Нгуен // Вестник ДГТУ. – 2017. – Т. 17. – № 3 (90). – С. 46–59.
- 11 Елисеев, А. В. Диада как основа формирования механических колебательных систем / А. В. Елисеев, С. В. Елисеев // Системы. Методы. Технологии. – 2017. – № 4 (36). – С. 25–38.
- 12 Елисеев, А. В. Диады в механических системах: особенности динамических свойств. Ч. I / А. В. Елисеев // Вестник ИргТУ. – 2017. – Т. 21. – № 7 (126). – С. 26–38.
- 13 Елисеев, А. В. Диады в механических системах: особенности динамических свойств. Ч. II / А. В. Елисеев // Вестник ИргТУ. – 2017. – Т. 21. – № 8 (127). – С. 22–37.