

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕМПФИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СЛОИСТЫХ БАЛОК

Изложены результаты экспериментальных исследований влияния конструктивно-технологических факторов на демпфирующую способность составных слоистых балок.

Ключевые слова: коэффициент потерь, частота, балка.

The results of experimental researches of influence of structurally-technological factors are expounded on the damping capacity of the component stratified beams.

Keywords: coefficient of losses, frequency, beam.

Постановка проблемы

Вибрационная техника с каждым годом расширяет область своего применения в различных отраслях промышленности, транспорта, сельского хозяйства. Значительный уровень вибрации является основной причиной появления интенсивных динамических нагрузок, передаваемых на несущие конструкции и фундамент. Это может стать не только причиной потери устойчивости и разрушения элементов конструкций, но и причинить вред здоровью человека. Таким образом, создание эффективных методов и средств виброзащиты является одной из важнейших задач, стоящих перед разработчиками современного вибрационного оборудования.

Анализ последних публикаций

Известно, что одним из наиболее эффективных способов снижения виброактивности указанного оборудования является применение вибропоглощающих покрытий [1– 4]. Подавляющее большинство средств вибропоглощения позволяет значительно снизить уровни вибрации в области средних и высоких звуковых частот. В области же низких звуковых частот, сопряжено со следующими трудностями:

1. Потери колебательной энергии, связанные с вибропоглощением, должны значительно превышать потери, обусловленные демпфирующим влиянием амортизации и другими механизмами конструкционного демпфирования.

2. Эффективное демпфирование колебаний несущих конструкций требует создание покрытий, сравнимых по жесткости с демпфируемой структурой.

Одним из возможных путей устранения указанных недостатков является применение составных элементов балочной формы равной жесткости, между которыми размещен полимерный вибропоглощающий материал.

Известен способ увеличения уровня рассеивания энергии в балках рамы за счет нанесения покрытия ВМЛ-25 на ее поверхность [5]. Главным его недостатком является увеличение массы балки.

Цель настоящей работы состоит в изучении влияния конструктивно-технологических факторов на демпфирующую способность составных слоистых балок.

Изложение основного материала

Для достижения цели работы были использованы составные слоистые балки четырех модификаций:

1) стальная балка, длиной 1 м, состоящая из двух частей из двух швеллеров № 6,5, с расположенным между ними демпфирующим материалом ВИПОНИТ ВПС-2,5, толщиной 1,5 мм, соединенных между собой болтами (рис. 1,а, б) (модификация 1);

2) стальная балка длиной 1 м, состоящая из двух уголков № 7, с расположенным между ними демпфирующим материалом ВИПОНИТ ВПС-2,5, толщиной 1,5 мм, соединенных между собой болтами (рис. 1,в) (модификация 2);

3) стальная балка длиной 1 м, состоящая из четырех швеллеров № 6,5, с расположенным между ними демпфирующим материалом ВИПОНИТ ВПС-2,5, толщиной 1,5 мм, соединенных между собой болтами (рис. 1,г) (модификация 3);

4) стальная балка из швеллера № 12, длиной 1 м (штатная конструкция).

Испытания по определению коэффициента потерь проводили при комнатной температуре методом резонансной кривой на экспериментальной установке (рис. 2), которая обеспечивает:

1) возможность проводить испытания в широком диапазоне температур и частот;

2) резонансный принцип возбуждения изгибных колебаний образца с помощью электродвигателя с эксцентриком.

Испытания образцов осуществляли в следующей последовательности.

Исследуемые образцы 2 устанавливались в зажиме гидравлического пресса, препарировались вибродатчиком 3 типа ДН-4-1М вблизи его захвата (рис. 2).

Возбуждения изгибных колебаний балки осуществлялись с помощью дисбаланса, возникающего при вращении неуравновешенного груза 5 на валу электродвигателя переменного тока 4. Контроль за частотой возбуждения колебаний осуществлялся по шкале электронного счетчика 6. Схемы приложения вибрационных нагрузок к балкам представлены на рис. 1.

Колебания балки 2 регистрировались с помощью вибродатчика 3, сигнал с которого через усилитель 8 поступал на вольтметр 7 и осциллограф 10.

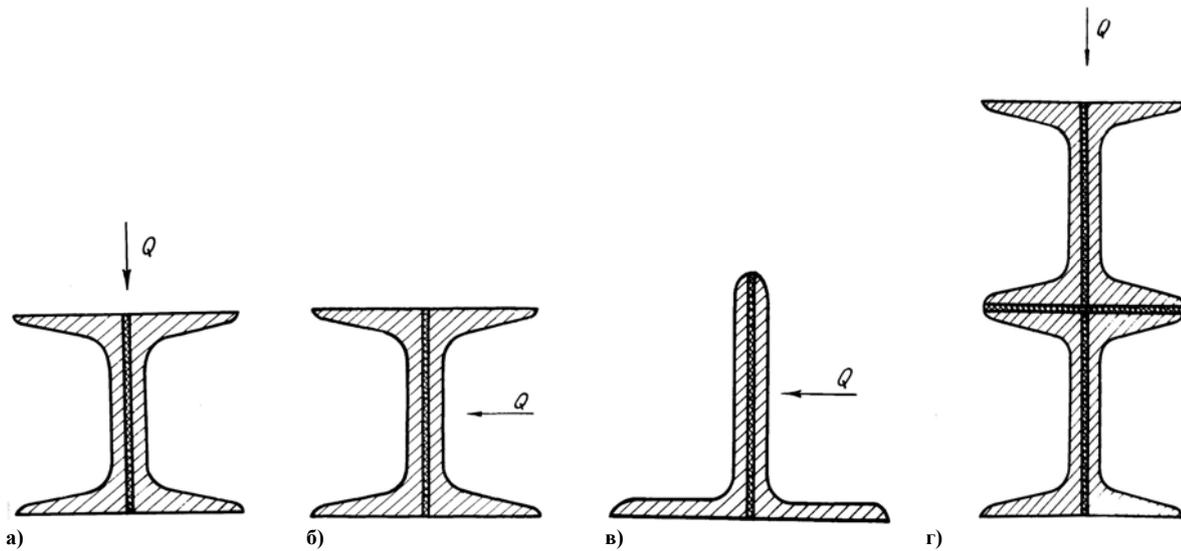


Рис. 1. Образцы балок для испытаний, состоящие из двух (а, б) и четырех (г) швеллеров, двух уголков (в), схемы приложения вибрационных нагрузок к балкам

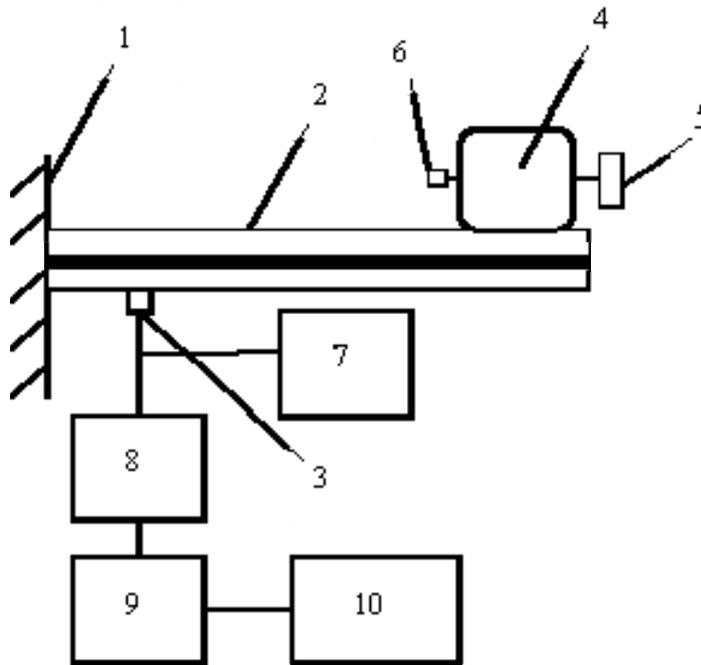


Рис. 2. Блок-схема экспериментальной установки:

1 – Пресс гидравлический; 2 – Слоистая балка; 3 – Вибродатчик; 4 – Электродвигатель; 5 – Эксцентрик; 6 – Счетчик электронный; 7 – Вольтметр электронный; 8 – Усилитель 8АНЧ-26; 9 – Частотомер; 10 – Осциллограф

Плавно изменяя частоту возбуждения в диапазоне от 1 до 400 Гц, определяли спектр резонансных частот колебаний объекта испытаний. Каждый опыт повторяли три раза, полученные результаты усредняли.

Зеркальная шкала вольтметра обеспечивает четкую фиксацию максимума для определения резонансных частот и необходимых отклонений от максимума для определения коэффициента механических потерь.

Коэффициент потерь η определяли по ширине резонансной кривой (рис. 3) [6]:

$$\eta = K_{0,7} \frac{\Delta f_{0,7}}{f_0}, \quad (1)$$

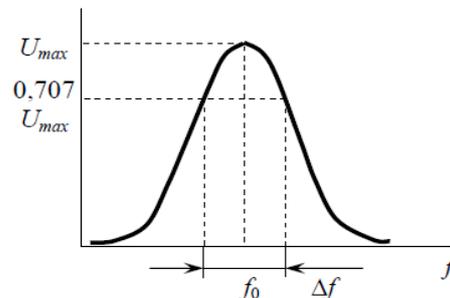


Рис. 3. Резонансная кривая

где $\Delta f_{0,7}$ – ширина резонансной кривой на уровне 0,707 от максимальной амплитуды;

f_0 – резонансная частота.

По результатам проведенных испытаний слоистых балок в диапазоне низких частот (от 20 до 100 Гц) были определены коэффициенты потерь (рис. 4).

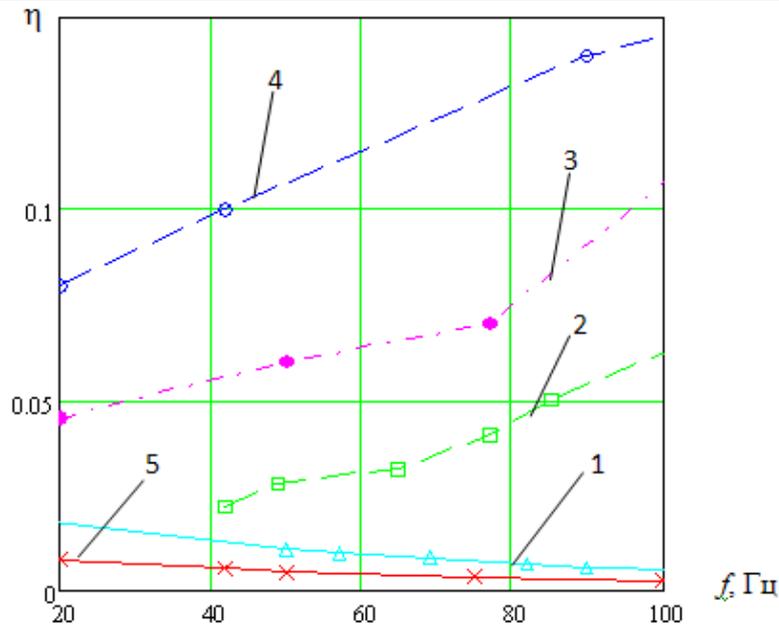


Рис. 4. Залежності середніх значень коефіцієнтів потерь от частоты возбуждения, для исследуемых балок четырех модификаций:

- 1) стальная балка, длиной 1 м, состоящая из двух швеллеров № 6,5, с расположенным между ними демпфирующим материалом ВИПОНИТ ВПС-2,5, толщиной 1,5 мм, соединенных между собой болтами (рис. 1,а) (модификация 1);
- 2) стальная балка, длиной 1 м, состоящая из двух швеллеров № 6,5, с расположенным между ними демпфирующим материалом ВИПОНИТ ВПС-2,5, толщиной 1,5 мм, соединенных между собой болтами (рис. 1,б) (модификация 1);
- 3) стальная балка длиной 1 м, состоящая из двух уголков № 7, с расположенным между ними демпфирующим материалом ВИПОНИТ ВПС-2,5, толщиной 1,5 мм, соединенных между собой болтами (рис. 1,в) (модификация 2);
- 4) стальная балка длиной 1 м, состоящая из четырех швеллеров № 6,5, с расположенным между ними демпфирующим материалом ВИПОНИТ ВПС-2,5, толщиной 1,5 мм, соединенных между собой болтами (рис. 1,г) (модификация 3);
- 5) стальная балка из швеллера № 12, длиной 1 м (штатная конструкция).

Представленные экспериментальные данные (рис. 4) свидетельствуют о том, что при одинаковом уровне вынуждающих сил и толщине демпфирующего покрытия, уровень демпфирования балок, состоящих из четырех швеллеров, в 2-3 раза превосходит таковой для балок, состоящих из 2-х уголков, в 5-6 раз – для балок, состоящих из 2-х швеллеров, и в 10–12 раз – для балок из швеллера (штатная конструкция).

Наибольшей демпфирующей способностью обладают балки, состоящие из четверых швеллеров, с расположенным между ними демпфирующим материалом ВИПОНИТ, которые способны демпфировать изгибные колебания в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Из рис. 4 видно, что при одинаковом конструктивном исполнении уровень демпфирования балок, к которым приложена нагрузка, действующая в плоскости, перпендикулярной к плоскости покрытия (рис. 1,б), в 2–4 раза превосходит таковой для балок, нагруженных силой в параллельной плоскости (рис. 1,а).

Выводы

В результате исследований показано, что слоистые балки с вибропоглощающим покрытием являются эффективным средством снижения виброактивности рам механизмов.

Наиболее приемлемой для изготовления рам вибрационного оборудования является балка, состоящая из четырех швеллеров, с расположенным между ними демпфирующим материалом ВИПОНИТ, которая способна демпфировать изгибные колебания в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Литература

1. Генкин М.Д. Вибрация машиностроительных конструкций / М.Д. Генкин, Г.В. Тарханов. – М. : Наука, 1979. – 164 с.
2. Никифоров А.С. Вибропоглощение на судах / Никифоров А.С. – Л. : Судостроение, 1979. – 184 с.
3. Нашиф А. Демпфирование колебаний / Нашиф А., Джоунс Д., Хендерсон Дж. – М. : Мир, 1988. – 488 с.
4. Пановко Я.Г. Внутреннее трение при колебаниях упругих систем / Пановко Я.Г. – М. : Физматгиз, 1960. – 93 с.
5. Белов В.Д. Демпфирование вибраций рам вибропоглощающими покрытиями: эксперимент и расчет / В.Д. Белов, Б.А. Канаев // Акустический журнал. – 1992. – Т. 38, № 3. – С. 540–543.
6. Клюкин И.И. Акустические измерения в судостроении / И.И. Клюкин, А.Е. Колесников. – Л. : Судостроение, 1982. – 256 с.

Надійшла 5.1.2013 р.
Рецензент: д.т.н. Ковтун В.В.