

## 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.

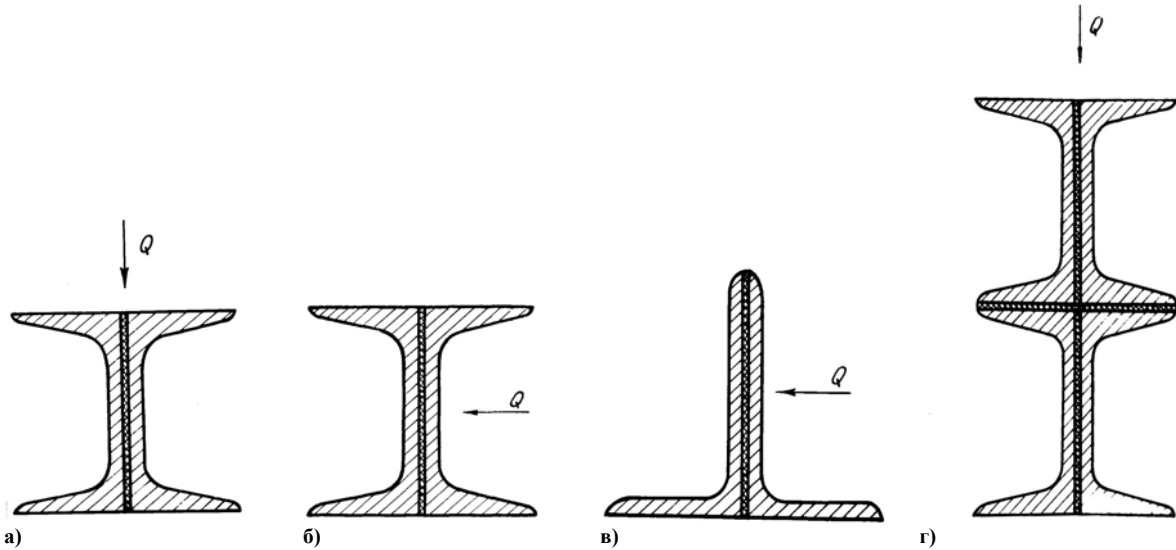


Рис. 1. Образцы балок для испытаний, состоящие из двух (а, б) и четырех (г) швеллеров, двух уголков (в), схемы приложения вибрационных нагрузок к балкам

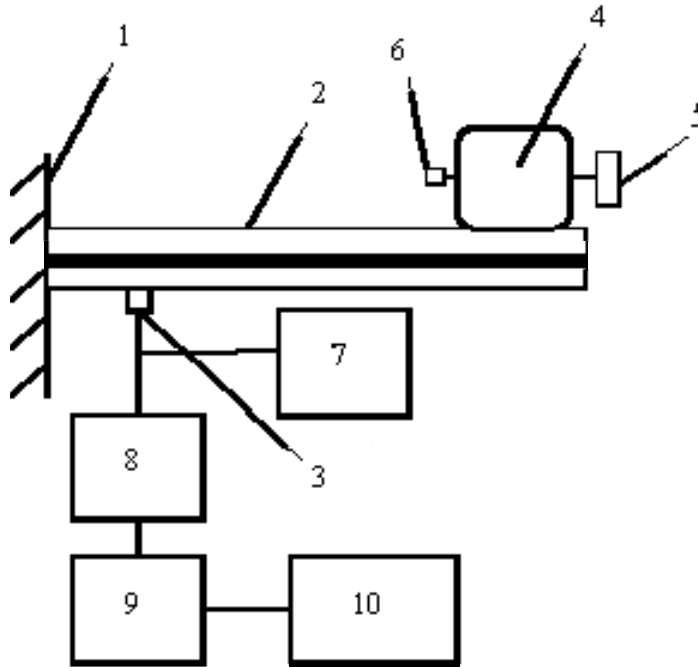


Рис. 2. Блок-схема экспериментальной установки:

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  $\eta$  определяли по ширине резонансной кривой (рис. 3) [6]:

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

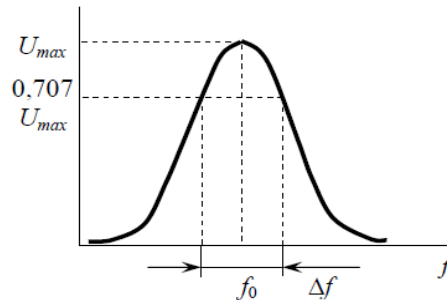


Рис. 3. Резонансная кривая

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).

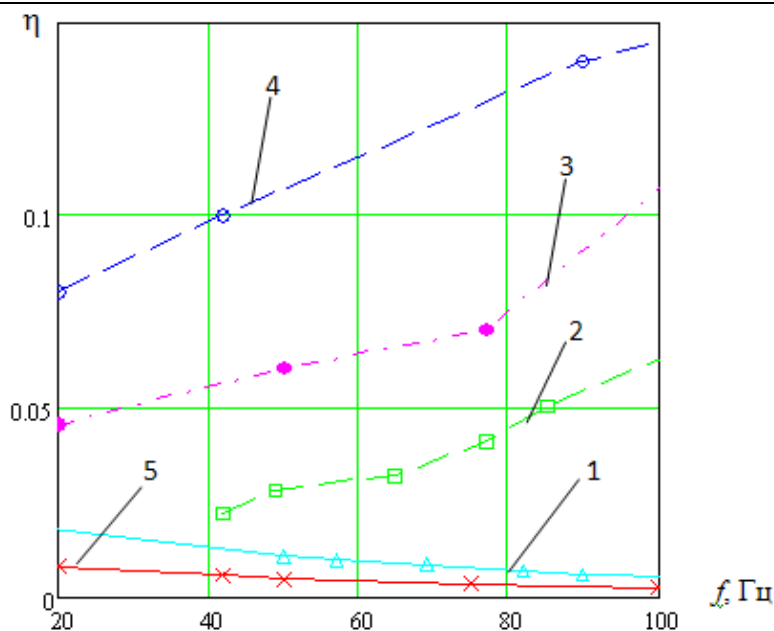


Рис. 4. Залежності середніх значень коефіцієнтів потерь от частоты возбуждения, для исследуемых балок четырех модификаций:

- 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.