

3. Дашенко А.Ф. Численно-аналитический метод граничных элементов / А.Ф. Дашенко, Л.В. Коломиец, В.Ф. Оробей, Н.Г. Сурьянинов — Одесса, ВМВ, 2010. — В 2-х томах. — Т.1. — 416 с. — Т.2. — 512 с.
4. Оробей В.Ф. Практикум по решению краевых задач механики: Учебное пособие для студентов технических специальностей / В.Ф. Оробей, Н.Г. Сурьянинов — Одесса: Астропринт, 2011. — 408 с.
5. Параска Г.Б. Приложение метода граничных элементов к задаче изгиба длинной цилиндрической оболочки / Г.Б. Параска, Н.Г. Сурьянинов, Е.В. Слабенко. — Вісник Хмельницького національного університету. — №2, 2012. — С.36-41.
6. Сурьянинов Н.Г. Фундаментальные функции в задаче изгиба длинной цилиндрической оболочки / Н.Г. Сурьянинов, Е.В. Слабенко. — Вісник Одеського національного морського університету. — № (3)36, 2012. — С. 89-96.

References

1. Alekseev E.R., Chesnokova O.V., Rudchenko E.A. Scilab: Reshenye ynzhenerykh y matematycheskykh zadach. M.: ALT Linux; BYNOM. Laboratoryia znanyi, 2008. 269 s.
2. Dashchenko A.F., Lazareva D.V., Surianynov N.H. ANSYS v zadachakh ynzhenemoy mekhanyky. Izd. 2-e, pererab. y dop. Pod red. N. H. Surianynova. — Odessa. Palmyra, 2011. 505 s.
3. Dashchenko A.F., Kolomyets L.V., Orobei V.F., Surianynov N.H. Chyslenno-analytycheskyi metod hranychnykh elementov. Odessa, VMV, 2010. V 2-kh tomakh. T.1. 416 s.
4. Orobei V.F. N.H. Surianynov Praktikum po resheniyu kraevykh zadach mekhanyky: Uchebnoe posobyie dlia studentov tekhnicheskyykh spetsyialnostei. Odessa: Astroprynt, 2011. 408 s.
5. Paraska H.B., Surianynov N.H., Slabenko E.V. Prylozhenye metoda hranychnykh elementov k zadache yzghyba dlynnoi tsylyndrycheskoi obolochky. Bulletin of Khmelnytsky National University. Issue 2, 2012. S. 36-41.
6. Surianynov N.H., Slabenko E.V. Fundamentalnye funktsyy v zadache yzghyba dlynnoi tsylyndrycheskoi obolochky. Visnyk Odeskoho natsionalnoho morskoho universytetu. Vol. (3)36, 2012. S. 89-96.

Рецензія/Peer review : 9.7.2013 р. Надрукована/Printed :21.11.2013 р.
Рецензент: Параска Г.Б., д.т.н., проф.

УДК 534.833

В.В. СТРЕЛЬБИЦКИЙ

Хмельницький національний університет

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕМПФИРУЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ СОСТАВНЫХ БАЛОК

Изложены результаты экспериментальных исследований по изучению влияния конструктивно-технологических факторов на демпфирующую способность составных слоистых балок. Показано, что уровень демпфирования слоистых балок зависит от упругих характеристик материалов балок и промежуточного слоя.

Ключевые слова: коэффициент потерь, частота, составная балка.

V.V. STRELBITSKIY

Khmelnytsky National University

SOME RESULTS OF RESEARCH OF DAMPING ABILITY OF COMPOSITE BEAMS

The results of experimental research studies about influence of structurally-technological factors on the damping ability of the composite stratified beams have been expounded in the article. It has been shown that the level of the stratified beams damping depends on resilient descriptions of materials of beams and intermediate layer.

The damping capacity of standards with layers from antivibration material substantially depends on descriptions of coverage and frequency of vibrations. The use of the chosen materials of layer results in the increase of damping ability of the stratified beam, and most effective from the point of view of the oscillation damping are coverages from Viponit.

Frequency dependence of coefficient of losses depends on material of antivibration layer. The degree of height of its size is more expressed for the material of Viponit, and such dependence is less expressed for a construction without antivibration material.

Keywords: coefficient of losses, frequency, composite beam.

Постановка проблемы

Применение вибрационной техники позволяет интенсифицировать традиционные технологические процессы финишной обработки различных деталей. Современная тенденция роста скоростей движения исполнительных механизмов и мощности силовых установок приводит к увеличению колебаний и расширению вибрационного спектра, а также увеличению динамических нагрузок в элементах конструкций, стыках и сопряжениях [1–3].

Вибрация и шум приводят к снижению функциональных возможностей и работоспособности человека – нарушению остроты зрения, ухудшению координации движений, повышению энергетических затрат. Длительное действие вибрации может привести к ухудшению самочувствия и поражению отдельных систем организма: сердечнососудистой, нервной, кровеносной, вестибулярного аппарата и других, изменению мышечных и костных тканей [4–7]. Это естественным образом обуславливает необходимость совершенствования виброзащитных систем и внедрения новых конструктивных решений.

Анализ последних публикаций

Для изготовления рам вибрационного оборудования используется, как правило, сварные

цельнометаллические конструкции из профильного проката (швеллера или двутавра) [5, 6]. Рама агрегата крепится к подрамнику через монтажные опоры, которые могут быть заменены амортизаторами. Для обеспечения стабильной работы агрегата и низких уровней вибрации сварка рамы на заводе-изготовителе осуществляется на высокоточном оборудовании и специальной оснастке. Их недостатком является очень низкая демпфирующая способность и повышенный уровень шума [4–6].

Наиболее распространены пассивные системы виброзащиты на основе упругих элементов [6, 7]. Это обусловлено их невысокой стоимостью и простотой конструкции. Как показала практика, применение пассивных средств виброзащиты недостаточно эффективно в условиях низкочастотных колебаний объектов больших масс. Применение активных систем виброзащиты часто неоправданно ввиду сложности настройки систем управления и высокой их стоимости [7].

Известно, что одним из наиболее эффективных способов снижения виброактивности указанного оборудования является применение вибропоглощающих покрытий [7–10].

Известен способ увеличения уровня рассеивания энергии в балках рамы за счет нанесения покрытия ВМЛ-25 на ее поверхность [11]. Главным его недостатком является увеличение массы балки.

Следует отметить, что вопрос использования составных слоистых балок с промежуточным слоем из вибропоглощающего материала в литературе практически не рассмотрен.

Цель настоящей работы состоит в изучении влияния характеристик материала промежуточного слоя 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 швеллеров № 8, с расположенным между ними демпфирующим материалом – ВИПОНИТ ВПС-2,5 – толщиной 1,5 мм (модификация 1);

2) стальная балка длиной 1 м, состоящая из двух швеллеров № 8, с расположенным между ними демпфирующим материалом – Агат – толщиной 4 мм (модификация 2);

3) стальная балка длиной 1 м, состоящая из двух швеллеров № 8, с расположенным между ними демпфирующим материалом – перфорируемая резина – толщиной 4 мм (модификация 3);

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

Оба швеллера скреплялись полками с помощью болтов с шагом 150 мм (рис. 1).

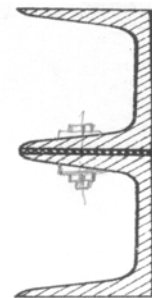


Рис. 1. Поперечное сечение образцов балок для испытаний

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.

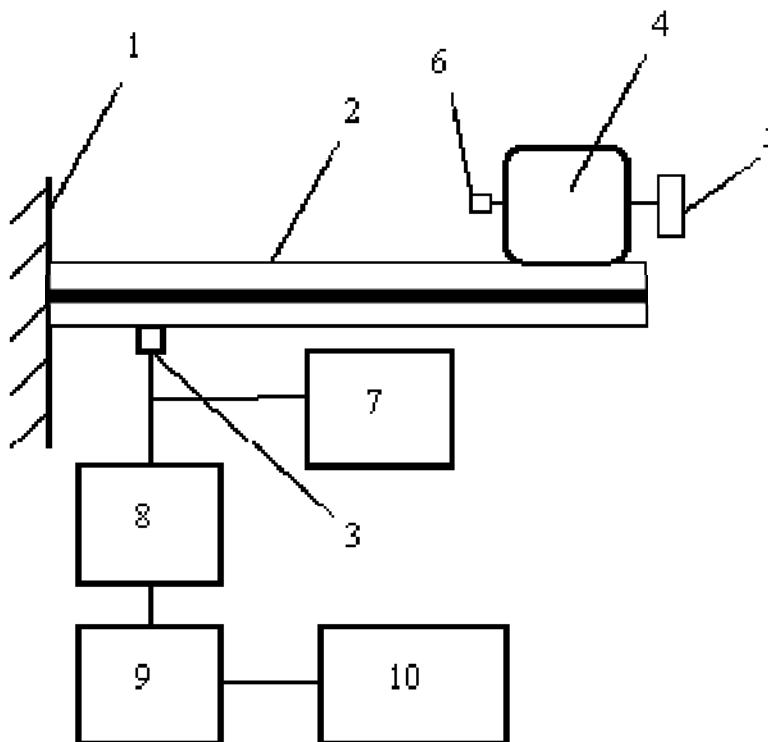


Рис. 2. Блок-схема экспериментальной установки:

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

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 неуровновешенного 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.

Плавное изменение частоты возбуждения в диапазоне от 1 до 100 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]:

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

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. 3).

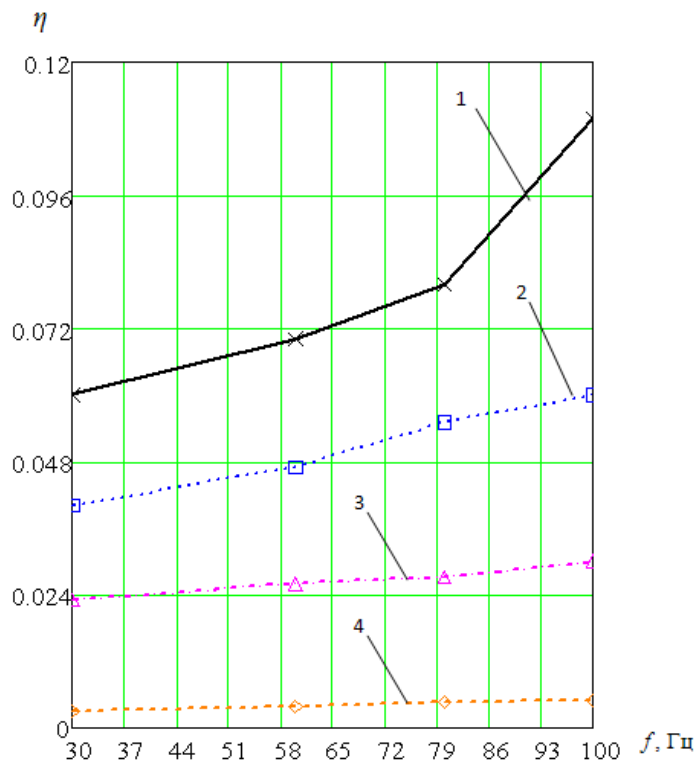


Рис. 3. Зависимости средних значений коэффициентов потерь η от частоты возбуждения f для исследуемых составных балок следующих модификаций:

- 1) стальная балка длиной 1 м, состоящая из двух швеллеров № 8, с расположенным между ними демпфирующим материалом – ВИПОНИТ ВПС-2,5 – толщиной 1,5 мм (модификация 1);
- 2) стальная балка длиной 1 м, состоящая из двух швеллеров № 8, с расположенным между ними демпфирующим материалом – Агат – толщиной 4 мм (модификация 2);
- 3) стальная балка длиной 1 м, состоящая из двух швеллеров № 8, с расположенным между ними демпфирующим материалом – перфорируемая резина – толщиной 4 мм (модификация 3);
- 4) стальная балка из швеллера № 12 длиной 1 м (штатная конструкция).

Представленные экспериментальные данные (рис. 3) свидетельствуют о том, что при одинаковом уровне вынуждающих сил уровень демпфирования балок, состоящих из 2-х швеллеров с прослойкой из ВИПОНИТ, в 2–3 раза превосходит таковой для балок, состоящих из 2-х уголков с прослойкой Агат, в 4–5 раз превосходит таковой для балок, состоящих из 2-х уголков с прослойкой перфорируемая резина, в 6–7 раз – для балок из швеллера (штатная конструкция).

Из представленных результатов испытаний также следует, что наибольшей демпфирующей способностью обладают балки модификации 1, для которых коэффициент потерь в частотном диапазоне достигает максимума ($\eta = 0,11$).

Зависимость коэффициента потерь от частоты носит нелинейный характер. При этом степень роста его

величини более выражена для балок содержащих вибропоглощающие материалы, мене выражена – для конструкции без демпфирующего материала.

Выводы

Представленные экспериментальные данные свидетельствуют следующее:

1. Демпфирующая способность образцов с прослойками из демпфирующего материала существенно зависит от характеристик покрытия и частоты колебаний. Использование выбранных материалов прослойки приводит к повышению демпфирующей способности слоистой балки, а наиболее эффективными с точки зрения демпфирования колебаний являются покрытия из ВИПОНИТ.

2. Частотная зависимость коэффициента потерь зависит от материала демпфирующего слоя. Степень роста его величины более выражена для материала ВИПОНИТ, мене выражена такая зависимость для конструкции без демпфирующего материала.

Литература

1. Берник П.С. Конвейерні вібраційні машини для оздоблювально-зміцнювальної обробки / П.С. Берник, І.П. Паламарчук. – К. : Вища школа, 1996. – 237 с.
2. Ісакович-Лотоцький Р.Д. Процеси та машини вібраційних та віброударних технологій / Ісакович-Лотоцький Р.Д., Обертюх Р.Р., Севостьянов І.В. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2006. – 291 с.
3. Карташов И.Н. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах / Карташов И.Н. – К. : Вища школа, 1975. – 188 с.
4. Клюкин И.И. Акустические измерения в судостроении / И.И. Клюкин, А.Е. Колесников. – Л. : Судостроение, 1982. – 256 с.
5. Генкин М.Д. Вибрация машиностроительных конструкций / М.Д. Генкин, Г.В. Тарханов. – М. : Наука, 1979. – 164 с.
6. Вибрации в технике : справочник : в 6 т. Т. 6. Защита от вибраций и ударов / [ред. совет Челомей В.Н.]. – М. : Машиностроение, 1981. – 456 с.
7. Колесников А.Е. Шум и вибрация / Колесников А.Е. – Л. : Судостроение, 1988. – 248 с.
8. Никифоров А.С. Вибропоглощение на судах / Никифоров А.С. – Л. : Судостроение, 1979. – 184 с.
9. Нашиф А. Демпфирование колебаний / Нашиф А., Джоунс Д., Хендерсон Дж. – М. : Мир, 1988. – 488 с.
10. Пановко Я.Г. Внутреннее трение при колебаниях упругих систем / Пановко Я.Г. – М. : Физматгиз, 1960. – 93 с.
11. 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.

References

1. Bernyk P.S., palamarchuk I.P. Konveyerni vibratsiyni mashyny dlya ozdobyval'no-zmitsnyuval'noyi obrobky. K.: Vyshcha shkola, 1996. – 237 s.
2. Isakovych-Lototsky R.D., Obertyukh R.R., Sevostyanov I.V. Protsesy ta mashyny vibratsiynykh ta vibroudarnykh tekhnolohiy. Vinnytsya: UNIVERSUM – Vinnytsya, 2006. – 291 s.
3. Obrabotka detaley svobodnymu abrazyvamy v vybryuyushchykh rezervuarakh / Kartashov Y.N. K.: Vyshcha shkola, 1975. – 188 s.
4. Klyukyn Y.Y., Kolesnykov A.E. Akustycheskye yzmerenyya v sudostroenyy. – L. : Sudostroenye, 1982. – 256 s.
5. Henkyn M.D., Tarkhanov H.V. Vybratsyya mashynostroytelnykh konstruksyy. – M. : Nauka, 1979. – 164 s.
6. Vybratsyy v tekhnike: Spravochnik v 6 t. Red. sovet Chelomey V.N. – M.: Mashynostroenye, 1981. – T.6. zashchyta ot vybratsyy y udarov. – 456 s.
7. Kolesnykov A.E. Shum y vybratsyya. – L.: Sudostroenye, 1988. – 248 s.
8. Nykyforov A.S. Vybrophloshchenye na sudakh. – L.: Sudostroenye, 1979. – 184 s.
9. Nashyf A., Dzhoyns D., Khenderson Dzh. Dempfyrovanye kolebanyy. – M. : Myr, 1988. – 488 s.
10. Panovko Ya.H. Vnutrennee trenye pry kolebanyyakh upruhykh system. – M. : Fyzmathyz, 1960. – 93 s.
11. Belov V.D., Kanaev B.A. Dempfyrovanye vybratsyy ram vybrophloshchayushchymy pokrytyyamy: eksperyment y raschet. Akustychesky zhurnal. – 1992. – T. 38, Vol. 3. – S. 540–543.

Рецензія/Peer review : 26.7.2013 р. Надрукована/Printed : 21.11.2013 р.

Рецензент: Ковтун В.В., д.т.н.