

УДК 534.833

В.В. СТРЕЛЬБИЦКИЙ

Одесский национальный политехнический университет, г.Одесса.

С.Л. ГОРЯЩЕНКО

Хмельницкий национальный университет, Хмельницкий

## НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЛЩИНЫ ПРОСЛОЙКИ НА ДЕМПИРУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ТРЕХСЛОЙНЫХ БАЛОК

*Изложены результаты экспериментальных исследований по изучению влияния толщины прослойки и статического давления между слоями на диссипативные свойства составных слоистых балок. Показано, что уровень демпфирования слоистых балок зависит от толщины и типа промежуточного слоя, а также статического давления в слое.*

*Результаты работы могут быть использованы при конструировании конструкций рам, корпусов и фундаментов оборудования.*

*Ключевые слова: коэффициент потерь, толщина промежуточного слоя, составная балка.*

V.V. STRELBITSKIY

Odessa national polytechnic university, Odessa, Ukraine

S.L. HORIASCHENKO

Khmelnyskiy national university, Khmelnytskyi, Ukraine

## SOME RESULTS OF RESEARCH OF THICKNESS OF LAYER ON DAMPING CAPACITY OF THE THREE-LAYERED BEAMS

*A general tendency in creation of modern machines and equipment a search and development of structural decisions of decline of vibration become created by their mechanisms. Their vibrations can be passed on frame and cabinet-type, and also fundamental constructions through the points of fastening. Indicated equipment are bound by much mass constructions, density of spectrum of vibrations of eigenfrequencies and variety of sources of excitation of vibrations are therefore inherent them.*

*One of effective methods of decision of the indicated task is an increase of damping capacity of structural elements of the examined equipment due to application of new types or known materials with a high level dispersion of energy.*

*Therefore the aim of the real work is a study of influence of sizes of intermediate layer and static pressure between layers on the damping capacity of the component stratified beams.*

*For the study of influence of structurally-technological factors on a damping capacity component steel beams were used long a 1 m, consisting of two channels № 6,5, with layers from Viponit and Agat.*

*On the basis of results of the conducted complex of experimental researches of beams, containing the layers of Vipont and Agat, taking into account influence of thickness and static pressure between layers, it is possible to do such conclusions:*

*a 1) damping capacity of component standards substantially depends on a thickness and type of layer, and also from static pressure between layers;*

*2) the level of damping of beams in dependence of type of layer can grow in 1,3.1,5 time;*

*3) the increase of static pressure in a beam in dependence of type of layer leads to the increase of level of damping of beams in 1,1.1,25 time.*

*Keywords: coefficient of losses, thickness of intermediate layer, component beam..*

### Постановка проблемы

Общей тенденцией в создании современных машин и оборудования становятся поиск и разработка конструктивных решений снижения вибрации создаваемой их механизмами. Их вибрации могут передаваться на рамные и корпусные, а также фундаментные конструкции через точки крепления. Указанное оборудование являются связанными много массовыми конструкциями, поэтому им присущи густота спектра вибраций собственных частот и многообразие источников возбуждения колебаний.

Одним из эффективных способов решения указанной задачи является повышение демпфирующей способности конструктивных элементов рассматриваемого оборудования за счет применения новых типов или известных материалов с высоким уровнем рассеяния энергии [1-9].

Поэтому, повышение демпфирующей способности узлов является одной из важнейших задач, стоящих перед разработчиками современного оборудования.

### Анализ последних публикаций

Известно, что для изготовления рам оборудования используется, как правило, сварные цельнометаллические конструкции из профильного проката (швеллера или двутавра). Для обеспечения стабильной работы агрегата и низких уровней вибрации сварка рамы на заводе-изготовителе осуществляется на оборудовании и специальной оснастке. Их недостатком является очень низкая демпфирующая способность и повышенный уровень шума [4-7].

В работе [8] предложен способ увеличения уровня рассеивания энергии в балках рамы за счет

нанесения покрытия ВМЛ-25 на ее поверхность, использование которого привело к увеличению массы балки. Моделирование процесса нанесения материала на поверхность рассмотрено в [14]. Для определения толщины нанесенного материала используются разные методы, как контактные так и безконтактные. Безконтактные методы позволяют определить толщину используя высокоточные фазовые измерения [15] используя высокоточные измерители [16].

Автором [9-11] были проведены испытания трехслойных балок, состоящих из двух швеллеров с расположенными между ними прослойкой из вибропоглощающего материала ВИПОНИТ, которые соединены болтами. Однако, что в них не рассмотрен вопрос влияния толщины прослойки и статического давления между слоями на диссипативные свойства составной конструкции.

Поэтому целью настоящей работы является изучение влияния размеров промежуточного слоя и статического давления между слоями на демпфирующую способность составных слоистых балок.

#### Изложение основного материала

Для изучения влияния конструктивно-технологических факторов на демпфирующую способность были использованы составные стальные балки длиной 1 м (рис.1), состоящие из двух швеллеров № 6,5, двух модификаций:

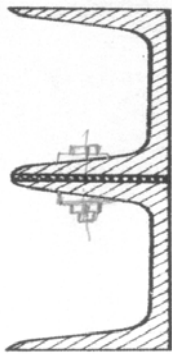


Рис. 1. Поперечное сечение образцов балок для испытаний

1) с расположенным между ними демпфирующим слоем материала ВИПОНИТ, толщиной 2,5, 3 и 3,5 мм (модификация 1);

2) с расположенным между ними демпфирующим слоем материала Агат, толщиной 3, 4 и 5 мм (модификация 2);

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

В качестве характеристики рассеивания энергии был принят коэффициент потерь  $\eta$  [4,12].

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.

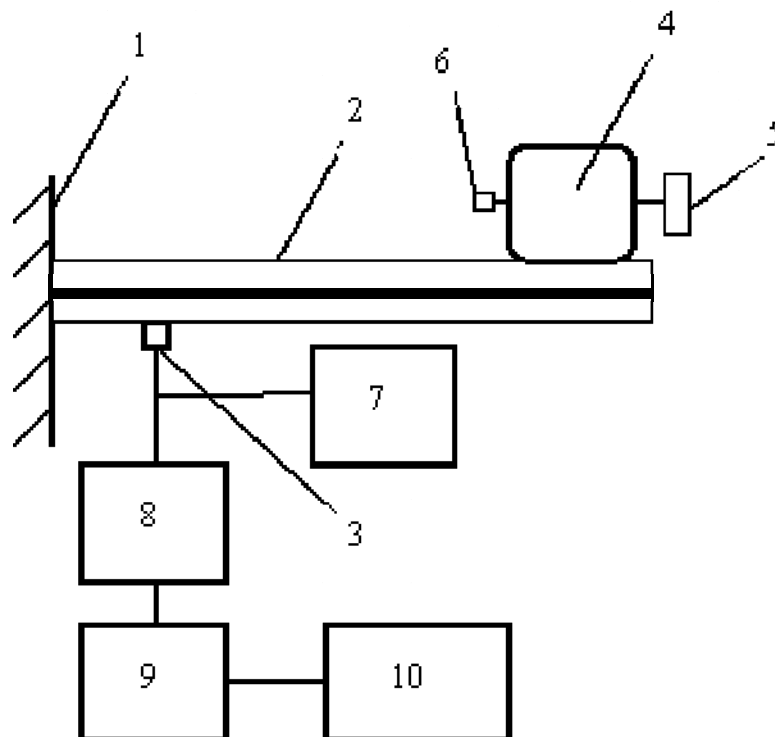


Рис. 2. Блок-схема экспериментальной установки:

1 – Пресс гидравлический; 2 – Составная 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 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.

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  $\eta$ , который определяли по ширине резонансной кривой [4,12]:

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

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

$f_0$  – резонансная частота.

Для изучения влияния давления в прослойке на демпфирующие свойства трехслойных материалов с прослойками испытывались балки (рис.3), в прослойке которых создавалось нормальное статическое давление (0,3, 0,6 и 1,0 МПа) с помощью болтовых соединений, равномерно расположенных по всей длине швеллера с шагом 150 мм.

Анализируя представленные на рис. 3 зависимости можно отметить, что для трехслойных конструкций балок, содержащих прослойки из вибродемпфирующих материалов ВИПОНИТ и АГАТ, имеет место увеличение уровня демпфирования при увеличении статического давления между слоями. Так, при одинаковом уровне динамических воздействий коэффициент потерь для балок, содержащих прослойку ВИПОНИТ, в 1,7...2,1 раза превосходит таковой для балок с прослойкой АГАТ.

По результатам проведенных испытаний составных балок с различной толщиной прослойки, при статическом давлении в промежуточном слое 1 МПа, в диапазоне низких частот (от 20 до 100 Гц) были определены коэффициенты потерь (рис. 4).

Из представленных на рис. 4 результатов видно, что при одинаковом уровне действующих вынуждающих сил:

1) коэффициент потерь трехслойных балок зависит от толщины и типа прослойки. Так наиболее существенная зависимость коэффициента потерь характерна для прослойки из ВИПОНИТ, менее выражена такая зависимость для прослойки АГАТ;

2) увеличение толщины с прослойки из материала ВИПОНИТ с 2,5 мм до 3,5 мм приводит к увеличению уровня демпфирования в 1,5...1,7 раза, из материала АГАТ с 3 мм до 5 мм – в 1,3...1,5 раза соответственно;

3) демпфирующие свойства балок в 2...3 раза выше содержащих прослойку ВИПОНИТ по сравнению с прослойками АГАТ.

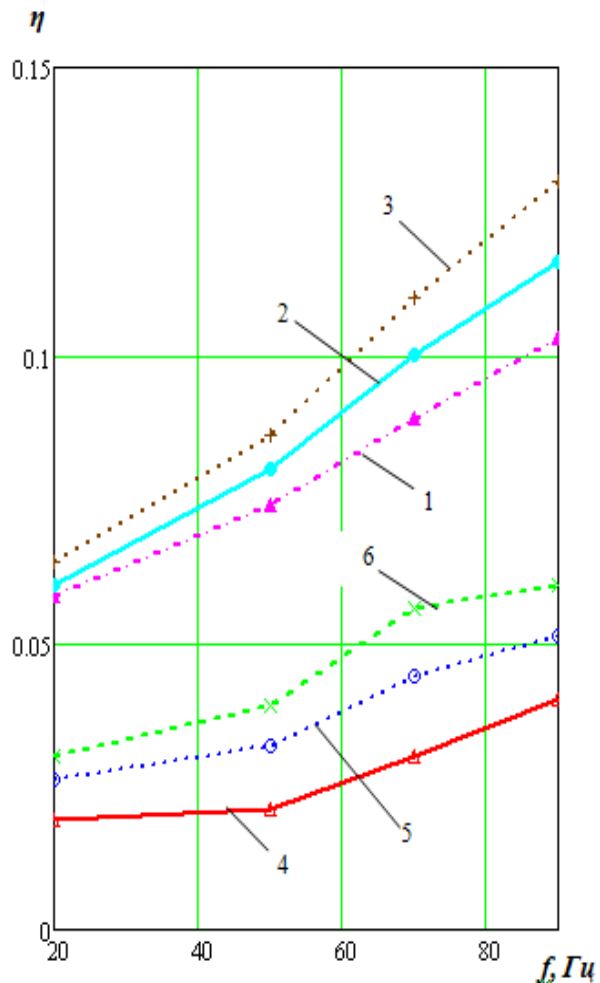


Рис. 3. Зависимости средних значений коэффициентов потерь  $\eta$  от частоты возбуждения  $f$ , для исследуемых составных балок следующих модификаций:

- 1) модификация 1, давление 0,3 МПа, толщина прослойки 3 мм;
- 2) модификация 1, давление 0,6 МПа, толщина прослойки 3 мм;
- 3) модификация 1, давление 1 МПа, толщина прослойки 3 мм;
- 4) модификация 2, давление 0,3 МПа, толщина прослойки 4 мм;
- 5) модификация 2, давление 0,6 МПа, толщина прослойки 4 мм;
- 6) модификация 2, давление 1 МПа, толщина прослойки 4 мм.

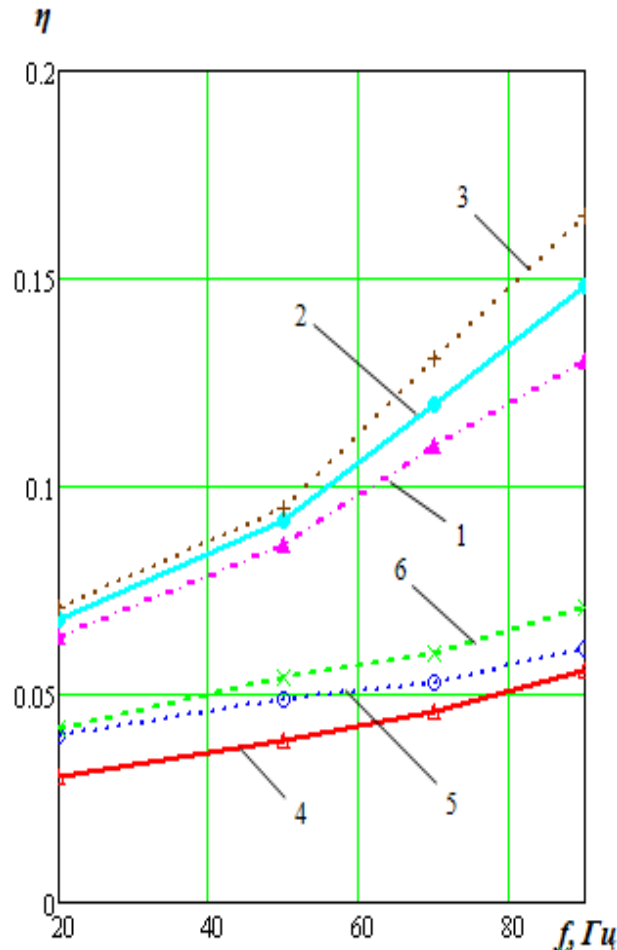


Рис. 4. Зависимости средних значений коэффициентов потерь  $\eta$  от частоты возбуждения  $f$ , для исследуемых составных балок следующих модификаций, при статическом давлении в промежуточном слое 1 МПа:

- 1) модификация 1, толщина прослойки 2,5 мм; 2) модификация 1, толщина прослойки 3 мм; 3) модификация 1, толщина прослойки 3,5 мм; 4) модификация 2, толщина прослойки 3 мм; 5) модификация 2, толщина прослойки 4 мм; 6) модификация 2, толщина прослойки 5 мм.

Как следует из представленных результатов испытаний составных балок двух модификаций, варьирование статического давления и толщины прослойки из неметаллических материалов позволяет существенно увеличить их демпфирующую способность, наибольшее значение которой наблюдается в балках модификации 1 (коэффициент потерь в частотном диапазоне достигает максимума  $\eta = 0,17$ ).

#### Выводы

На основе результатов проведенного комплекса экспериментальных исследований балок, содержащих прослойки ВИПОНИТ и АГАТ, с учетом влияния толщины и статического давления между слоями, можно сделать такие выводы:

- 1) демпфирующая способность составных образцов существенно зависит от толщины и типа прослойки, а также от статического давления между слоями;
- 2) уровень демпфирования балок в зависимости типа прослойки может вырасти в 1,3..1,5 раза;
- 3) увеличение статического давления в балке в зависимости типа прослойки приводит увеличению уровня демпфирования балок в 1,1..1,25 раза.

#### Литература

1. Генкин М.Д. Вибрация машиностроительных конструкций / М.Д. Генкин, Г.В. Тарханов. – М. : Наука, 1979. – 164 с.
2. Василенко М.В. Теорія коливаль і стійкості руху / М.В.Василенко, О.М.Алексійчук. – К. Вища шк., 2004. – 525 с.
3. Вибрации в технике: Справочник в 6 т./ Ред. совет В.Н.Челомей. – М.: Машиностроение, 1981. – Т.6. защита от вибраций и ударов. – 1981- 456с.
4. Матвеев В.В. Демпфирование колебаний деформируемых тел. Наук. думка, 1985. – 264с.
5. Никифоров А.С. Вибропоглощение на судах / А.С. Никифоров– Л. : Судостроение, 1979. – 184 с.
6. Нашиф А. Демпфирование колебаний / А.Нашиф, Д.Джоунс, Дж.Хендерсон – М. : Мир, 1988. – 488 с.
7. Пановко Я.Г. Внутреннее трение при колебаниях упругих систем. / Я.Г. Пановко М.: Физматгиз, 1960. - 93 с.

8. Белов В.Д., Канаев Б.А. Демпфирование вибраций рам вибропоглощающими покрытиями: эксперимент и расчет / В.Д. Белов, Б.А. Канаев // Акустический журнал, 1992, т. 38, № 3 - С.540-543.
9. Silin R, Royzman V, Strelbitsky V, (2007) "Theory and Practice of Vibroinsulation of Printed Circuit Boards on Fabric Hanger with Dry Friction Damper" 12th IFToMM World Congress, Besancon (France).
10. Стрельбицкий В.В. Результаты исследования демпфирующей способности слоистых балок / В.В. Стрельбицкий // Вісник Хмельницького національного університету, серія Технічні науки. – 2013 - №1 - С.41-43.
11. Стрельбицкий В.В. Некоторые результаты исследования демпфирующей способности составных балок / В.В. Стрельбицкий // Вісник Хмельницького національного університету, серія Технічні науки. – 2013 - № 6 - С.50-53.
12. Стрельбицкий В.В. Некоторые результаты исследования демпфирующей способности составных рам / В.В. Стрельбицкий // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. - 2014 - № 3 - С.170-172.
13. Писаренко Г.С. Вибропоглощающие свойства конструкционных материалов. Справочник / Г.С.Писаренко, А.П. Яковлев, В.В.Матвеев. К: Наук. думка, 1971. – 375с.
14. Горященко С.Л. Моделирование процесса нанесения покрытия на поверхность материалов легкой промышленности методом розпилення / С.Л. Горященко // Вісник Хмельницького національного університету, серія Технічні науки. - 2014 - № 5. - С.90-94.
15. Gula Igor. Measuring thickness of layers of polymeric materials by using phase measurer based on multiplicity impulses / Igor Gula, Serhiy Horiashchenko, Kostyantyn Horiashchenko // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп'ютерної інженерії": сб. наук. пр. – Львів-Славське, 25 лютого – 1 березня 2014 р. – С. 272-274
16. Gula Igor. Phase measurer based on coincidences of multiplicity impulses / Igor Gula, Oleksiy Polikarovskiykh, Serhiy Horiashchenko, Kostyantyn Horiashchenko // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – №1. – С. 46-50

## References

1. Genkin M.D. Vibracija mashinostroitel'nyh konstrukcij / M.D. Genkin, G.V. Tarhanov. – M. : Nauka, 1979. – 164 s.
2. Vasilenko M.V. Teorija kolivan' i stijkosti ruhu / M.V.Vasilenko, O.M.Aleksijchuk. – K. Vishha shk., 2004. – 525 s.
3. Vibracii v tehnike: Spravochnik v 6 t./ Red. sovet V.N.Chelomej. – M.: Mashinostroenie, 1981. – T.6. zashhita ot vibracij i udarov. – 1981-456s.
4. Matveev V.V. Dempfirovanie kolebanij deformiruemym tel. Nauk. dumka, 1985. – 264s.
5. Nikiforov A.S. Vibropogloshhenie na sudah / A.S. Nikiforov– L. : Sudostroenie, 1979. – 184 s.
6. Nashif A. Dempfirovanie kolebanij / A.Nashif, D.Dzhouns, Dzh.Henderson – M. : Mir, 1988. – 488 s.
7. Panovko Ja.G. Vnutrennee trenie pri kolebanijah uprugih sistem. / Ja.G. Panovko M.: Fizmatgiz, 1960. - 93 s.
8. Belov V.D, Kanaev B.A. Dempfirovanie vibracij ram vibropogloshhajushimi pokrytjiami: jeksperiment i raschet / V.D. Belov, B.A. Kanaev // Akusticheskij zhurnal, 1992, t. 38, № 3 - S.540-543.
9. Silin R, Royzman V, Strelbitsky V, (2007) "Theory and Practice of Vibroinsulation of Printed Circuit Boards on Fabric Hanger with Dry Friction Damper" 12th IFToMM World Congress, Besancon (France).
10. Strelbitsky V.V. Rezul'taty issledovanija dempfirujushhej sposobnosti sloistyh balok / V.V. Strelbitsky // Visnik HNU Serija - Tehnichni nauki. -2013-№1-S.41-43.
11. Strelbitsky V.V. Nekotorye rezul'taty issledovanija dempfirujushhej sposobnosti sostavnyh balok / V.V. Strelbitsky // Visnik Hmel'nic'kogo nacional'nogo universitetu, serija Tehnichni nauki. - 2013 - № 6 - S.50-53.
12. Strelbitsky V.V. Nekotorye rezul'taty issledovanija dempfirujushhej sposobnosti sostavnyh ram / V.V. Strelbitsky // Vimirjuval'na ta obchisljuval'na tehnika v tehnologichnih processah. - 2014 - № 3 - S.170-172.
13. Pisarenko G.S. Vibropogloshhajushhie svojstva konstrukcionnyh materialov. Spravochnik / G.S.Pisarenko, A.P. Jakovlev, V.V.Matveev. K: Nauk. dumka, 1971. – 375s.
14. Horiashchenko S.L. Simulation of coating material surface light industry spray. Khmelnytskyi. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Technical sciences. 2014, Issue 5., Pp. 90-94.
15. Gula Igor. Measuring thickness of layers of polymeric materials by using phase measurer based on multiplicity impulses / Igor Gula, Serhiy Horiashchenko Kostyantyn Horiashchenko // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій та комп'ютерної інженерії": сб. наук. пр. – Львів-Славське, 25 лютого – 1 березня 2014 р. – С. 272-274
16. Gula Igor. Phase measurer based on coincidences of multiplicity impulses / Igor Gula, Oleksiy Polikarovskiykh, Serhiy Horiashchenko, Kostyantyn Horiashchenko // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2014. – №1. – С. 46-50

Рецензія/Peer review : 16.1.2015 р.

Надрукована/Printed :20.1.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією