

АДАПТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТОНКОСТЕННЫХ СЛОИСТЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Коробко Е. В. *, Михасев Г. И. †, Новикова З. А. *, Журавский Н. А. *

* Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова
ул. П. Бровки, 15, 220072, г. Минск, Беларусь

evkorobko@gmail.com

† Белорусский государственный университет
пр. Независимости, 4, 220030, г. Минск, Беларусь

Mikhasev@bsu.by

В настоящее время трудно найти такую отрасль современной техники, в которой не использовались бы тонкостенные конструкции из композиционных материалов. Стремление получить наименьшую материалоемкость изделий при требуемой прочности и жесткости, а также возможность варьирования свойств материала за счет изменения структуры армирования привело к необходимости использования композитных балок, пластин и оболочек слоистой структуры в качестве составляющих элементов тонкостенных инженерных сооружений в различных отраслях народного хозяйства (в машино-, тракторо- и судостроении, в авиационной и ракетно-космической технике и т. п.). Важнейшей задачей на стадии проектирования таких конструкций, испытывающих динамические нагрузки, является задача виброзащиты самой конструкции или ее элементов с сохранением заданной несущей способности.

Существующие методы гашения колебаний подразделяются [1] на: а) пассивные, предусматривающие использование инерционных, упругих и диссипативных элементов; б) активные (полуактивные), основанные на применении дополнительно элементов немеханической природы и независимых источников энергии.

Методы пассивной виброзащиты используются, в частности, для снижения шумового воздействия и реализуются введением в слоистую композитную конструкцию армирующих элементов и межслойных матриц, изготовленных из материалов, которые обладают ярко выраженными вязкоупругими свойствами. В последние годы исследователями различных стран активно ведется создание и изучение «магнитореологических» эластомеров, упругие и эластичные свойства которых обеспечиваются резиновой или полимерной основой, в которую вводятся магнитные частицы, находящиеся под воздействием магнитного поля до окончания процесса формирования материала. Такие материалы обладают повышенной упругостью и прочностью, но строго говоря, не относятся к магнитореологическим жидкостям, для которых характерно обратимое изменение состояния от жидкого до квазитвердого под действием магнитного поля.

Активные или полуактивные виброзащитные системы требуют внешнего источника энергии для питания исполнительного устройства, а также для автоматической настройки динамических характеристик конструкции. Стремясь получить максимальную эффективность систем активной виброизоляции и, прежде всего, увеличить их быстродействие, исследователи и конструкторы

обращаются к электрическим или магнитным сигналам управления.

В этом случае для решения задач полуактивного и активного гашения колебаний тонкостенных конструкций необходимо использовать в качестве исполнительных элементов вязкоупругие слои адаптивных материалов, структурочувствительных к внешнему воздействию. Такие слои могут быть созданы на основе использования электро- и магнитореологических жидкостей. При этом энергия поля непосредственно подается на материал без промежуточных механических звеньев и реализуется в изменении его структурного состояния. Без воздействия поля электро- и магнитореологические жидкости могут быть различной консистенции и сохранять разную степень текучести, что определяется концентрацией дополнительно вводимого дисперсного наполнителя. Они способны быстро и обратимо адаптироваться к изменению динамического состояния конструкции в результате внешних механических воздействий за счет изменения своих вязкоупругих характеристик [2 – 4].

В Институте тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова Национальной Академии наук Беларуси разработаны и исследуются адаптивные композиционные материалы с целью использования в тонкостенных протяженных и оболочковых конструкциях. Проведены заводские испытания армирующих накладок из электрореологических адаптивных слоев, позволившие проводить механообработку торцов тонкостенных труб большого диаметра (2 метра). В данной работе представлены результаты реометрических исследований таких материалов при малых деформациях в режиме периодического ротационного сдвига, соответствующих нагрузкам много меньшим по величине по сравнению с пределом текучести. Измерения проводились для двух составов материалов при воздействии электрического или магнитного полей.

На рисунке 1 представлены зависимости компонент комплексного модуля сдвига (модуля упругости G' и модуля потерь G'') магнитореологического композитного материала от индукции магнитного поля.

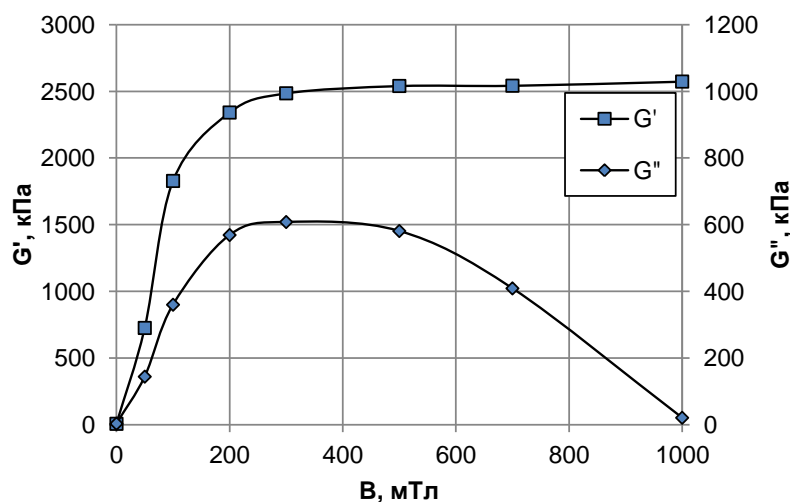


Рисунок 1 – Зависимость модуля упругости и модуля потерь магнитореологического композитного материала от индукции магнитного поля

Видно, что при возрастании индукции магнитного поля до 1 Тл модуль накопления магнито-реологического композитного материала увеличивается почти в 350 раз, при 300 мТл рост G' достигает насыщения, G'' при этом значении индукции магнитного поля максимален. Далее наблюдается снижение до нуля модуля потерь при 1000 мТл. Электро-реологический композиционный материал проявляет похожие тенденции, сохраняя, однако, уменьшающийся после достижения максимума модуль потерь во всем исследуемом диапазоне напряженностей электрического поля – до 3 кВ/мм. Установленные закономерности предоставляют возможность использовать различные механизмы управления виброгашением слоистых конструкций – как за счет диссипативного фактора, связанного с увеличением возрастающей вязкости (иначе, модуля потерь), или при его отсутствии, – за счет увеличения упругих свойств композиционного слоя, и всей конструкции в целом, что позволяет изменить собственные частоты колебаний и выйти из зоны резонанса.

Литература

1. *Вибрация в технике*. М.: Машиностроение, 1995. Т. 6. – 461 с.
2. Zhou G. Y. *Shear Properties of a Magnetorheological Elastomer* // Smart Material and Structures. – 2003. – Vol. 12. – P. 139 – 146.
3. Mikhasev G. I., Botogova M. G., Korobko E. V. *Theory of Thin Adaptive Laminated Shells Based on Magnetorheological Materials and its Application in Problems on Vibration Suppression* // Advanced Structured Materials. – Vol. 15. Shell-like Structures. Non-classical Theories and Applications. – Berlin – Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. – Chapter 48. – P. 727 – 750.
4. Korobko E. V., Mikhasev G. I., Novikova Z. A., Zhurauski M. A. *On Damping Vibrations of Three Layered Beam Containing Magnetorheological Elastomer* // Journal of Intelligent Material Systems and Structures. – 2012. – Vol. 23, No. 9. – P. 1019 – 1023.

ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ ТОНКОСТЕННОГО СТЕРЖНЯ С ПЕРЕМЕННОЙ ПО ДЛИНЕ ЖЕСТКОСТЬЮ

Косых Э. Г.

Белорусский государственный университет транспорта
Кирова, 34, 246050 Гомель, Беларусь

ed-ksykh@rambler.ru

В условиях поперечного изгиба рассматривается тонкостенный стержень переменной жесткостью при ограничениях, определяемых условиями подобия жестких контуров поперечных сечений. Работу упругих тонкостенных стержней исследовал В. З. Власов [1]. Им сформулирована т.н. гипотеза жесткого контура, введены понятия секториальных геометрических характеристик, центра изгиба, построена система разрешающих дифференциальных уравнений и приведены решения конкретных задач для стержней постоянного, не зависящего от продольной координаты, контура, а также при постоянной толщине элементов этого контура.

В настоящей работе исследуется упругий стержень переменного вдоль продольной оси контура с учетом изменения толщины стержня по длине.