

В работах [1- 3] рассмотрены возможности использования механических колебаний при исследовании физико-механических свойств текстильных и иных легкодеформируемых материалов, применяемых при изготовлении изделий легкой промышленности различного назначения. При этом доказана эффективность разработанных методов исследования, основанных на использовании волновых процессов, при оценке таких деформационных характеристик как кинетика релаксации напряжения при фиксированной деформации и драпируемость материалов. Однако вопросы оценки жесткости при изгибе при этом не рассматривались.

Экспериментальные методы определения жёсткости текстильных и кожевенных материалов на базе методов кольца и консоли [4] и действующие приборы конструктивно сложны, неудобны в эксплуатации и имеют известные технологические ограничения. Данные ограничения прежде всего связаны с отсутствием возможностей в режиме реального времени формировать базу данных свойств материалов на электронных носителях информации, а проводимые измерения никак нельзя отнести к классу экспресс-методов.

Если учитывать, что жёсткость материала ( $EI$ ) является функцией его плотности ( $\rho$ ), т.е.  $EI = \varphi_1(\rho)$ , то, в первом приближении, можно допустить, что генерируемые поперечные волны на поверхности волокнистой системы являются функцией её жёсткости, что соответствует физике процесса. Из этого следует, что информативные параметры поперечных волн ( $\lambda$ ), совпадающих по частоте с собственными частотами колебаний материалов, являются функцией генерации секундной частоты ( $f$ ) и жёсткости ( $EI$ ), т.е.  $\lambda = \varphi_2(f, EI)$ .

В работе рассматриваются результаты экспериментальных исследований обозначенного параметра на базе нового способа [5], позволяющего использовать экспресс-метод оценки жёсткости композитных материалов.

Суть экспериментальных исследований состояла в использовании в качестве информативного параметра собственных частот колебаний образцов текстильных, кожевенных и других композитных материалов.

Генерация поперечных колебаний, складываемых к образцу, и их фиксация посредством измерительной системы в комплексе с оптоэлектронными элементами в виде компьютерной мыши лазерного типа, процессора, а также подвижного оптического активного элемента исследуемого объекта позволяют, например, фиксировать резонансные частоты поперечных колебаний и рассчитывать показатель жёстко-

# МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ В ЗАДАЧАХ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖЁСТКОСТИ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ

## MECHANICAL FLUCTUATIONS IN RESEARCH PROBLEMS OF THE COMPOSITE MATERIALS RIGIDITY

А.С. Железняков<sup>1</sup>, И.А. Шеромова<sup>2</sup>, О.А. Дремлюга<sup>3</sup>

*В статье теоретически обоснована возможность использования механических колебаний при исследовании физико-механических свойств различных материалов при деформации изгиба и рассмотрен метод оценки их жесткости при изгибе. Описанный в работе метод определения характеристик жесткости композитных материалов относится к экспресс-методам и позволяет с достаточной точностью решать задачи исследования их технологических свойств.*

**Ключевые слова:** композитные материалы, механические колебания, жесткость при изгибе, экспресс-метод

*In article possibility of use of mechanical fluctuations is theoretically proved at research of physic-mechanical properties of various materials at deformation of a bend and the method of an assessment of their rigidity at a bend is considered. The method of definition of characteristics of rigidity of composite materials described in work belongs to express methods and allows with a sufficient accuracy to solve a research problem of their technological properties.*

**Keywords:** composite materials, mechanical fluctuations, rigidity at a bend, an express method

сти материала ( $EI$ ) по следующему алгоритму:

$$EI_k = 4\rho^2 \frac{f_{j, \text{рез}} \cdot \rho_{ik}}{\lambda_j^4 \cdot g}, \quad (1)$$

где  $f_{j, \text{рез}}$ ,  $\rho_{ik}$  – соответственно измеренное значение резонансной секундной частоты и погонный вес  $k$ -ого образца материала;  $I_k = (bh^3)/12$  – момент инерции прямоугольного сечения  $k$ -ого образца;  $\lambda_j$  – параметр  $j$ -ого резонансного спектра собственных колебаний материала;  $g$  – гравитационная постоянная.

Таким образом, генерация поперечных колебаний исследуемого образца и фиксация квазирезонансной амплитуды и частоты колебаний нижнего среза материала с возможностью передачи информации в память процессора позволяет по формуле (1) определить параметр жёсткости ( $EI$ ).

Для апробации экспресс-метода

оценки жёсткости композитных материалов создан опытный стенд, элементный состав которого приведен в работе [6] и выполнена необходимая программа экспериментальных исследований.

Технологически экспресс-метод измерения и расчёта параметра жёсткости реализуется следующим образом:

- генератором механических колебаний посредством звуковой карты персонального компьютера в квазирезонансном режиме (близким к резонансному) по условию необходимой чувствительности измерительной системы в диапазоне частот от 0.1 до 20 Гц и амплитудой 5 – 10 мм дискретно с шагом 0.1 Гц создают поперечные колебания исследуемого материала, близкими к резонансному  $j$ -ому спектру  $j = 1, \dots, n$ , и посредством компьютерной мыши лазерного исполнения определяются амплитуды колебаний

<sup>1</sup> Железняков Александр Семенович - д.т.н., профессор, заведующий кафедрой Машины и аппараты легкой промышленности (МАЛП), Новосибирский технологический институт Московского государственного университета дизайна и технологии (НТИ МГУДТ), тел.: (383) 222-49-49, e-mail: gas@ntimgudt.ru; Zheleznyakov A.S. - Dr. Sci. Tech., Professor, Novosibirsk Institute of Technology GOU VPO "Moscow State University of Design and Technology" (NTI MSUDT), Department of Machinery and Apparatus of Light Industry tel.: (383) 222-49-49, e-mail: gas@ntimgudt.ru.

<sup>2</sup> Шеромова Ирина Александровна - д.т.н., профессор кафедры сервисных технологий, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса (ВГУЭС), тел.: (423) 240-40-99, e-mail: Irina.Sheromova@vvsu.ru; Sheromova I.A. - Dr. Sci. Tech., Professor, Vladivostok State University of Economics and Service (VSUES), Department of Service and Fashion, tel.: (423) 240 - 40 - 99, e-mail: Irina.Sheromova@vvsu.ru

<sup>3</sup> Дремлюга Ольга Александровна - специалист Межкафедрального научно-исследовательского центра ВГУЭС, Владивостокский государственный университет экономики и сервиса (ВГУЭС), тел.: (423) 240-40-16, e-mail: Olga.Dremlyuga@vvsu.ru; Dremlyuga O.A. - research fellow, Vladivostok State University of Economics and Service (VSUES), Inter-Department Research and Development Center, tel.: (423) 240 - 40 - 99, e-mail: Olga.Dremlyuga@vvsu.ru;

неактивного (нижнего) среза образца, которые по признаку максимальной величины автоматически записываются в память процессора;

• зная исходные данные, в частности, линейные размеры образца ( $l_j$ ) и вес его погонного веса ( $p_j$ ), процессор рассчитывает параметр жёсткости, что и вносится в соответствующую базу данных. Если изменяющаяся частота генерируемых волн ( $f_{j,рез}$ ) близка к резонансной, то по формуле (1), соответствующим тому образцу, рассчитывается и значение показателя жёсткости. Параметр спектра собственных колебаний ( $\lambda_j$ ) при известной длине образца ( $l$ ) определяется через известные соотношения, приведенные в работе [7].

Для реализации методики и оформления результатов экспериментальных исследований разработана программа расчёта и интерфейс пользователя компьютерного расчёта жёсткости волоконистых систем. Панель интерфейса (рис.) программы функционирует в интерактивном режиме следующим образом:

**1 шаг.** Выполняется ввод исходных данных характеристик образца и устанавливается на панели интерфейса начальная и конечная частоты, а также шаг её приращения и продолжительность интервала генерации изменяющейся частоты.

**2 шаг.** Запускается программа исследований. В ячейке рабочего стола компьютера «текущая частота» в режиме реального времени отображается её значение. На панели интерфейса рабочего стола компьютера по адресу «резонансная частота» отображается частота, при которой фиксируется условно максимальная амплитуда поперечных колебаний образца, значение которой так же, в режиме реального времени, фиксируется под соответствующей надписью.

**3 шаг.** После команды оператора «рассчитать» определяется параметр жёсткости материала по формуле (1), и полученное расчетное значение отображается в соответствующей ячейке панели интерфейса. Все результаты исследований записываются в программный пакет Excel.

Экспериментально проведены исследования предварительно подготовленных видов образцов материалов с соответствующими размерными параметрами (ГОСТ 10550), и в результате расчётов определены показатели их жёсткости.

Фрагмент результатов экспериментальных исследований по предлагаемому способу и по условиям установления их соответствия на действующем приборе ПТ-2 [4] для образцов трикотажных полотен выбранных волоконистых соста-

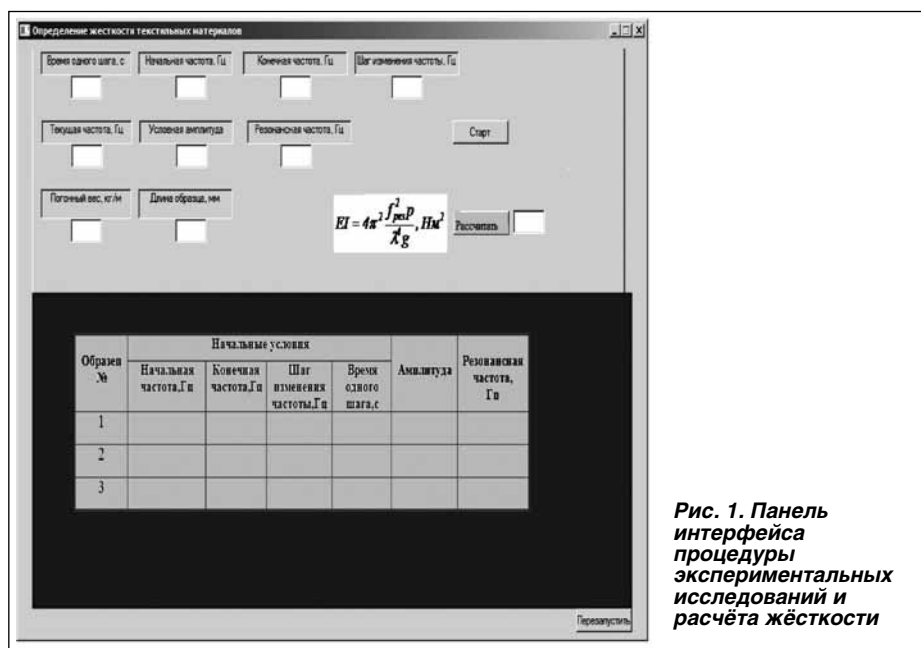


Рис. 1. Панель интерфейса процедуры экспериментальных исследований и расчёта жёсткости

Таблица 1. ФРАГМЕНТ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Вид и волоконистый состав материала	Погонный вес образца $p$ , кг/м	Длина образца $L$ , мм	Ширина $H$ , мм	$EI$ , мкН·см <sup>2</sup> (по прибору ПТ-2)	$EI$ , мкН·см <sup>2</sup> (по данным нового способа)	Степень соответствия, %
Полотно трикотажное (сырьевой состав: акрил – 80 %, люрекс – 20 %)	0,032	100	20	1710	1610	6
Полотно трикотажное (сырьевой состав: акрил 100 %)	0,024	100	20	3880	3680	5
Полотно трикотажное (сырьевой состав: вискоза – 97 %, лайкра – 3 %)	0,029	100	20	2400	2280	5

вов (акрил 80 % - люрекс 20 %; акрил 100 %; вискоза 97 % – лайкра 3 %) приведен в табл. 1.

Полученные результаты и анализ экспериментальных исследований позволяют считать, что расхождение оценок показателей жёсткости, полученных предлагаемым методом, с результатами

исследований по ранее известной методике с использованием прибора ПТ-2, не превышает 6 %. Предлагаемый экспресс-метод в значительной степени упрощает процедуру исследований жёсткости композитных материалов, используемых в производстве изделий лёгкой промышленности ■

#### Список литературы:

1. Шеромова И.А. Исследование влияния параметров паровоздушной среды на релаксацию напряжения волоконистых материалов. / И.А. Шеромова, А.С. Железняков // Известия вузов. Технология текстильной промышленности - 2007, № 3. - С. 139 – 142.
2. Старкова Г.П. Моделирование динамики напряженного состояния текстильных материалов при фиксированной деформации / Г.П. Старкова, И.А. Шеромова, А.С. Железняков, О.И. Кудряшов // Известия вузов. Технология текстильной промышленности – 2007, № 5. - С. 86 - 91.
3. Дремлюга О.А. Компьютерная технология оценки драпируемости легкодеформируемых материалов. / О.А. Дремлюга, И.А. Шеромова, Г.П. Старкова, А.С. Железняков // Швейная промышленность – 2012, № 3. – С. 23 - 25.
4. Материаловедение в производстве изделий лёгкой промышленности: Учебник для студ. вузов / А.П. Жихарев, Д.Г. Петропавловский, С.К. Кузин, В.Ю. Мишаков; под ред. проф. А.П. Жихарева. - М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 448 с.
5. Пат. 2413223, Российская Федерация, МПК G01N33/36 (2006.01). Способ оценки драпируемости швейных текстильных и кожевенных материалов / Железняков А.С., Старкова Г.П., Дремлюга О.А., Александров В.А., – опубли. 27.02.2011 Бюл. № 6.
6. Дремлюга О.А. Новые методы и технические средства для обеспечения качества швейно-трикотажных изделий / О.А. Дремлюга, И.А. Шеромова, А.С. Железняков. - Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2012. – 168 с.
7. Железняков А.С. Моделирование и автоматизация подготовительных процессов швейного производства / А.С. Железняков, И.А. Шеромова, Г.П. Старкова. - Новосибирск: Сибуиздат, 2007. – 204 с.