

УДК 677.027:625.15:621.763

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВИБРОИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ  
ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ТРИКОТАЖНЫХ ПОЛОТЕН**

**PREDICTION OF KNITTED SPACER FABRICS  
ANTI-VIBRATION PROPERTIES**

*А.П. БАШКОВ, Г.В. БАШКОВА, Д.А. АЛЕШИНА, Е.А. ШАЙХУТДИНОВА  
A.P. BASHKOV, G.V. BASHKOVA, D.A. ALYESHINA, E.A. SHAYKHUTDINOVA*

(Ивановский государственный политехнический университет)

(Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: apb303@yandex.ru, milena55@yandex.ru

*В статье анализируется способность двухслойных трикотажных полотен с соединительными элементами из индивидуальных нитей гасить механические вибрации. Соединительные элементы, скрепляющие два слоя полотна, образуют упругую пространственную систему, сопротивляющуюся механическим нагрузкам и вибрации. Предложена расчетная методика определения показателя вибропроводимости полотна в зависимости от упругих свойств соединяющей нити. Это дает возможность прогнозировать виброизоляционные свойства при проектировании подобных структур.*

*The article analyzes the ability of two-layer knitted spacer fabrics with connecting elements from individual yarns to damp mechanical vibrations. The connecting elements securing the two layers of the fabric are becoming a spatial elastic system for resisting mechanical loads and vibration. The authors proposed a method of determining the vibroconductivity index of fabric as a function of the elastic properties of connecting yarns. It becomes possible to predict the mechanical and vibroisolation properties of such a kind structures.*

**Ключевые слова:** двухслойные трикотажные полотна, соединительные элементы из индивидуальных нитей, "распорки", виброизоляционные свойства, показатель вибропроводимости.

**Keywords:** two-layer knitted spacer fabrics, connecting elements of the individual yarns, spacer structures, anti-vibration, vibration transmissibility.

Двухслойные трикотажные полотна с соединительными элементами из индивидуальных нитей, известные в мире как

"knitted spacer fabrics" (дословно "распорчатый трикотаж"), появились совсем недавно. Они предназначены для использова-

ния в автомобильной, аэрокосмической, строительной и других отраслях промышленности, а также в бытовых, ортопедических и медицинских изделиях. Эти полотна обладают рядом особых эксплуатационных свойств: повышенной упругостью при сжатии по нормали к плоскости полотна и при изгибе, высокой виброакустической изоляцией, воздухопроницаемостью, пониженной теплопередачей. Виброизоляционные свойства таких структур обуславливаются способностью соединительных нитей – "распорок" сопротивляться продольному сжатию и изгибу, аналогично гибким стержням, что обеспечивает гашение механических колебаний, передаваемых полотну. Кроме того, расположение нитей в структуре трикотажа напоминает сложные пространственные кривые, которые подобно пружинам гасят виброколебания (рис. 1 – структура двухслойного ("распорчатого") трикотажа: 1 – соединительная нить).

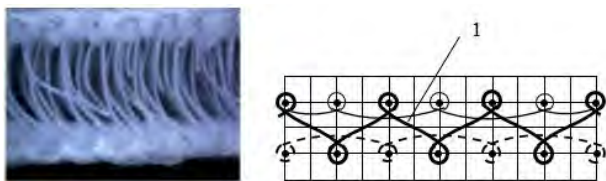


Рис. 1

Применение в качестве соединительных нитей синтетических моноплетей или льно-содержащей пряжи достаточной жесткости и упругости усилят виброгасящий эффект. Эти полотна можно использовать в качестве виброгасящих прокладок в ладонной части перчаток для защиты от локальной вибрации и виброгасящих стелек в обуви, ковриков или опорного слоя в обивке сидений для защиты от общей вибрации.

Для прогнозирования виброгасящих свойств "распорчатых" полотен можно представить их структуру в виде пружинно-демпфирующей системы, упругим элементом которой будут сами распорки, пластическим элементом – внешние слои трикотажа. Очевидно, что у разных видов полотен будут некоторые собственные частоты, при совпадении которых с частотой вибрации возникнут резонансные явления.

Резонансная частота нелинейно зависит от жесткости нитей  $k$ , их упругие свойства выражены характером кривой удлинения при полцикловой нагрузке. Угловая частота резонансных колебаний может быть выражена следующим образом:

$$\omega_n = 2\pi f_n = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{dF/d\delta}{m}}, \quad (1)$$

где  $m$  – масса элемента (ячейки) образца;  $f_n$  – внутренняя резонансная частота;  $dF/d\delta$  – кривизна кривой удлинения образца нити в упругой части, то есть градиент напряжения  $F$  относительно деформации  $\delta$ .

При упругих деформациях, а при воздействии вибрации именно они имеют место, значение жесткости соединительных нитей  $k$  можно определить по следующим зависимостям. Согласно уравнению Эйлера сила сжатия стержня, при которой начинается его изгиб, будет определяться как [1]:

$$P_y = \frac{\pi^2 EI}{\ell_y^2}, \quad (2)$$

где  $E$  – продольный модуль упругости стержня (для льняного волокна  $E=0,5...0,7$  ГПа, для полиэфирной нити  $0,5...1,5$  ГПа);  $I$  – минимальный момент инерции сечения распорчатой нити (стержня), для круглого сечения с радиусом  $R_0$  он будет  $I = \pi R_0^4/4$ ;  $\ell_y$  – длина проекции стержня на ось  $y$  (определяется визуально).

В этом выражении произведение  $EI$  представляет собой изгибную жесткость нити  $k$ . Она будет функцией угла изгиба  $\gamma$  [2], то есть:

$$EI = ER_0^4 \frac{\pi \cos \gamma (1 - 3 \cos^2 \gamma + 2 \cos^3 \gamma)}{3 \sin^4 \gamma}. \quad (3)$$

Граничные условия для угла  $\gamma$  в пространстве между слоями полотна находятся в пределах от  $0$  до  $90^\circ$ . При углах изгиба, близких к  $90^\circ$ , изгибная жесткость максимальна. Ввиду сложной кривой, по которой располагается нить, у нее можно наблюдать

одновременно несколько углов изгиба в рабочей области, что усложняет расчеты.

Коэффициент виброгашения (демпфирования) можно записать как:

$$\zeta = \frac{c}{2m\omega_n}, \quad (4)$$

где  $c$  – виброскорость в источнике вибрации.

Показатель вибропроводимости  $T_r$  тогда определяется выражением:

$$T_r = \sqrt{\frac{1 + (2\zeta\omega / \omega_n)^2}{\left[1 - (2\omega / \omega_n)^2\right]^2 + (2\zeta\omega / \omega_n)^2}}. \quad (5)$$

Расчетные показатели вибропроводимости для полотен с различными распорчатыми нитями, которые определяли при трех значениях  $\gamma$  (15, 45 и 90°), показаны на рис. 2 (расчетные значения показателя вибропроводимости для образцов с различными "распорчатыми нитями": 1 – полиэфирная монопить 110 текс, 2 – льняная пряжа 85 текс, 3 – хлопчатобумажная пряжа 85 текс).

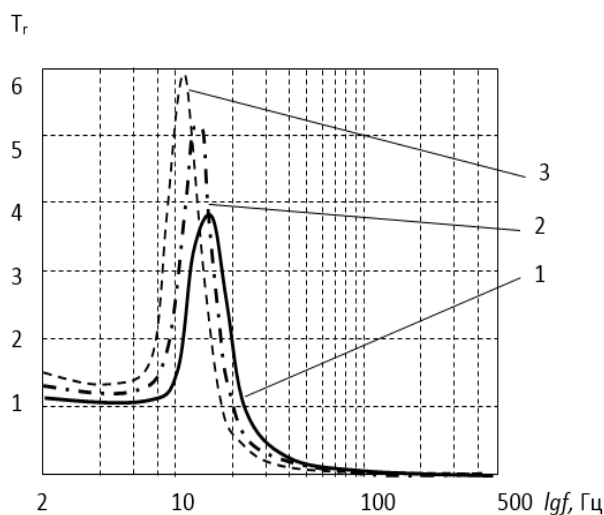


Рис. 2

Лабораторные исследования подтверждают, что показатель вибропроводимости в первую очередь зависит от их толщины, а также от сырьевого состава и плотности структуры. Более устойчивы к вибрации плотные, толстые полотна из упругих нитей, например, из полиэфира. Резонансные колебания возникают при частотах от 11 до 16 Гц, в зависимости от структуры и жесткости нитей. Вибропроводимость полотен снижается по мере роста частоты колебаний.

## ВЫВОДЫ

Выявлена зависимость виброгасящих свойств "распорчатого" трикотажа от жесткости соединительных нитей, позволяющая на стадии проектирования трикотажа оптимально подбирать исходные материалы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Светлицкий В.А. Механика гибких стержней и нитей. – М.: Машиностроение, 1978.
2. Черноус Д.А., Шилько С.В., Чарковский А.В. Прогнозирование эффективных механических характеристик трикотажа // Физическая мезомеханика, – 2008. Т. 11, №4. С. 107...114.
3. Овсянников С.Н., Скрипченко Д.С. Исследование звукоизоляционных свойств материалов при различных статических нагрузках // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2016, № 4. С. 40...44.

## REFERENCES

1. Svetlickij V.A. Mehanika gibkih sterzhnej i nitej. – M.: Mashinostroenie, 1978.
2. Chernous D.A., Shilko S.V., Charkovskij A.V. Prognozirovaniye effektivnykh mekhanicheskikh harakteristik trikotazha // Fizicheskaya mezomehanika, – 2008. T. 11, №4. S. 107...114.
3. Ovsyannikov S.N., Ckripchenko D.S. Issledovaniye zvukoizolyacionnykh svojstv materialov pri razlichnykh staticheskikh nagruzkah // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti. – 2016, № 4. S. 40...44.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования текстильных изделий. Поступила 04.12.17.