

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).

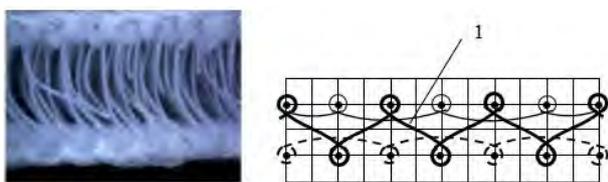


Рис. 1

Применение в качестве соединительных нитей синтетических моноснитей 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 δ .

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 $I = \pi R_0^4/4$; ℓ_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 γ [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 γ в пространстве между слоями полотна находятся в пределах от 0 до 90° . При углах изгиба, близких к 90° , 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 γ (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).

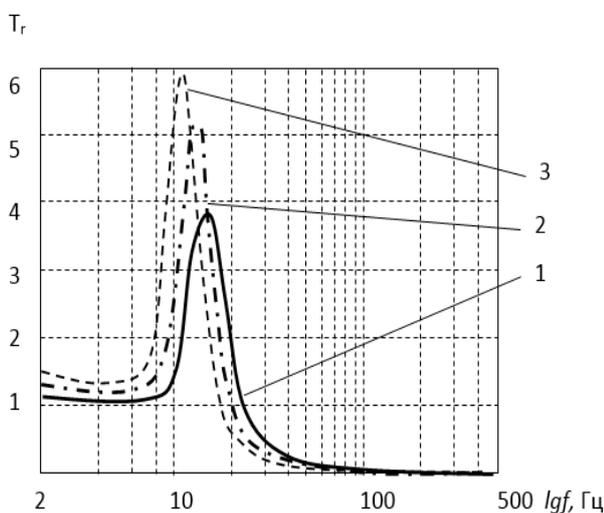


Рис. 2

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.