

УДК 621.81:62-752

**ВЛИЯНИЕ ДИССИПАТИВНЫХ СВОЙСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ ПАКОВКИ  
НА ДЕМПФИРОВАНИЕ КОЛЕБАНИЙ  
В МОТАЛЬНОМ МЕХАНИЗМЕ ТЕКСТИЛЬНОЙ МАШИНЫ**

**THE INFLUENCE OF DISSIPATIVE PROPERTIES OF A TEXTILE BOBBIN  
FOR DAMPING OSCILLATIONS  
IN THE WINDING MECHANISM OF A TEXTILE MACHINE**

*П.Н. РУДОВСКИЙ, С.В. ПАЛОЧКИН, П.А. ЛАРЮШКИН*  
*P.N. RUDOVSKY, S.V. PALOCHKIN, P.A. LARYUSHKIN*

(Костромской государственной технологической университет,  
Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана)  
(Kostroma State Technological University,  
Bauman Moscow State University Technical University)  
E-mail: ksu@ksu.edu.ru; dm-rk-3@yandex.ru

*Рассмотрены результаты расчетно-экспериментального исследования по оценке влияния диссипативных свойств формируемой текстильной паковки на демпфирование колебаний в мотальном механизме текстильной машины.*

*The results of settlement and experimental study evaluating the effect of dissipative properties of the textile package formed on the damping vibrations in winding mechanism of a textile machine.*

**Ключевые слова:** текстильная паковка, бобинодержатель, веретено, мотальный механизм, колебания, демпфирование, рассеяние энергии, экспериментальное исследование, опытный стенд, коэффициент поглощения.

**Keywords:** textile packing, boulderball, spindle, winding mechanism, oscillations, damping, energy dissipation, experimental study, experimental stand, absorption coefficient.

Качество паковки, формируемой мотальным механизмом текстильной машины, во многом зависит от виброустойчивости его бобинодержателя или шпинделя веретена. При этом доказано [1], [2], что динамическая модель исполнительного механизма текстильной машины должна

включать в себя нарабатываемый текстильный материал как активное звено. Однако традиционные математические модели динамики мотальных механизмов [3] практически не учитывают диссипативных свойств формируемых текстильных паковок. Между тем, согласно резуль-

татам расчетно-экспериментальных исследований [4...8], в них происходит рассеяние энергии поперечных колебаний бобинодержателя или шпинделя веретена, характерных для работы мотальных механизмов.

В связи с этим в представленной работе была поставлена задача оценки влияния диссипативных свойств формируемой текстильной паковки на демпфирование колебаний в мотальном механизме.

Теоретически амплитуда вынужденных колебаний упругого элемента приведенной к одностепенной колебательной системы бобинодержателя или шпинделя веретена без учета рассеяния энергии в текстильной паковке рассчитывается [9] как

$$a = \frac{Q_0}{c \sqrt{(1 - \frac{\omega}{\omega_0})^2 + (\frac{\psi}{2\pi})^2}}, \quad (1)$$

где  $Q_0$  – амплитуда возмущающей силы, Н;  $c$  – приведенная жесткость колебательной системы, Н/мм;  $\omega$  – частота вынужденных колебаний,  $c^{-1}$ ;  $\omega_0$  – собственная частота колебаний,  $c^{-1}$ ;  $\psi$  – коэффициент поглощения (относительное демпфирование) в системе без учета рассеяния энергии колебаний в текстильной паковке.

Тогда амплитуда вынужденных колебаний упругого элемента системы с учетом рассеяния энергии в текстильной паковке составит:

$$a_6 = \frac{Q_0}{c \sqrt{(1 - \frac{\omega}{\omega_0})^2 + (\frac{\psi + \psi_6}{2\pi})^2}}, \quad (2)$$

где  $\psi_6$  – коэффициент поглощения в текстильной паковке.

Следовательно, с учетом (1) и (2) коэффициент уменьшения амплитуды колебаний системы вследствие учета диссипативных свойств текстильной паковки можно определить по формуле:

$$K_a = \frac{a_6}{a} = \frac{\sqrt{(1 - K_\omega)^2 + (\frac{\psi}{2\pi})^2}}{\sqrt{(1 - K_\omega)^2 + (\frac{\psi}{2\pi})^2 + (1 + K_\psi)^2}} \leq 1, \quad (3)$$

где  $K_\psi = \psi_6/\psi$  – коэффициент соотношения относительного демпфирования в паковке и в остальной конструкции механизма;  $K_\omega = \omega/\omega_0$  – коэффициент соотношения вынужденной и собственной частот колебания системы.

На базе (3) были выполнены численные расчеты и построены графики теоретических зависимостей  $K_a = f(K_\psi, K_\omega)$ , представленные на рис. 1.

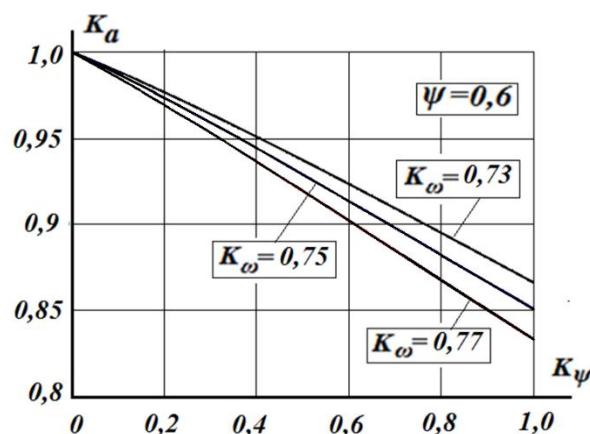


Рис. 1

Согласно данным [3] в расчетах было использовано среднее для динамических моделей типовых конструкций приемно-намоточных устройств с консольным бобинодержателем значение коэффициента поглощения  $\psi=0,6$ .

Кроме того, было учтено, что при высокоскоростном наматывании должно соблюдаться условие  $\omega_0 \geq 1,3 \omega$  или  $\omega/\omega_0 \leq 0,77$ , при котором сравнительно тяжелый бобинодержатель во время разгона не проходил бы через первую зону критических частот вращения [10].

Для определения экспериментального значения  $K_a$  был использован лабораторный стенд (рис. 2), имеющий приемно-намоточный механизм фрикционного типа с консольной осью бобинодержателя. Механизмы данного вида широко применяются в высокоскоростных машинах для формирования синтетических нитей. Максимальная скорость намотки нити на стенде составляет 6000 м/мин.



Рис. 2

Испытания проводили в два этапа. На первом из них с помощью виброизмерительной системы, описанной в [4], [7], записывались виброграммы оси бобинодержателя с формируемой текстильной паковкой, имеющей конечную массу 2 кг. На втором этапе с целью исключения влияния рассеяния энергии колебаний в паковке на характер вибраций системы без изменения ее жесткостных и инерционных характеристик паковку заменяли равным ей по массе однородным стальным цилиндром, который плотно устанавливали на бобинодержатель, и записывали аналогичные виброграммы.

Обработку результатов эксперимента проводили путем взаимного наложения виброграмм, полученных на первом и вто-

ром этапах испытаний, и сравнения значений амплитуд колебаний на конечных участках, когда масса бобины достигала массы цилиндра. При этом точность определения абсолютных значений амплитуд установившихся колебаний не влияла на искомые значения их отношений.

Статистическая обработка опытных данных позволила установить, что в условиях проведения испытаний среднее значение коэффициента  $K_a = 0,9$  с доверительным интервалом  $\pm 0,2$ . Следовательно, амплитуда вынужденных колебаний бобинодержателя при наличии формируемой паковки снижалась в среднем на 10% по сравнению с амплитудой колебаний бобинодержателя со стальным цилиндром, внутреннее трение в материале которого [9] на порядок меньше конструкционного демпфирования колебаний в паковке, величина которого увеличивается с ростом ее массы [4], [7], [8].

Анализ графиков, представленных на рис. 1, показывает, что при  $K_a = 0,9$  значения коэффициента  $K_\psi$  лежат в диапазоне от 0,6 до 0,75. Следовательно, коэффициент  $K_{дп}$  влияния диссипативных свойств паковки на демпфирующую способность мотального механизма в целом составляет

$$K_{дп} = \frac{\psi_6}{\psi + \psi_6} = \frac{\psi K_\psi}{\psi + \psi K_\psi} = \frac{K_\psi}{1 + K_\psi} = \frac{0,6}{1 + 0,6} \dots \frac{0,75}{1 + 0,75} = 0,38 \dots 0,43. \quad (4)$$

## ВЫВОДЫ

1. В балансе рассеяния энергии колебаний в мотальном механизме при частоте, близкой к максимально допускаемой, диссипация энергии в формируемой текстильной паковке составляет около 40% демпфирующей способности механизма в целом.

2. Учет диссипативных свойств текстильных паковок позволяет повысить расчетное значение коэффициента поглощения мотального механизма и соответственно снизить расчетное значение амплитуды поперечных колебаний бобинодержателя в среднем на 10%.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Титов С.Н.* Нелинейная механика текстильных процессов. – Кострома: КГТУ, 2004.
2. *Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Нуриев М.Н.* Методы и средства контроля основных параметров текстильных паковок. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2006.
3. *Матюшев И.И., Климов В.А., Мазин Л.С. и др.* Высокоскоростные приемно-намоточные механизмы для химических нитей. – М.: Легпромбытиздат, 1991.
4. *Колягин А.Ю., Палочкин С.В.* Экспериментальные исследования демпфирования колебаний в крутильно-мотальном механизме // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2009, №2. С. 91...95.
5. *Рудовский П.Н., Палочкин С.В., Колягин А.Ю., Лабай Н.Ю.* Демпфирование колебаний в цилиндрическом теле намотки при изгибе оправки

// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 5. С.95...100.

6. Лабай Н.Ю., Рудовский П.Н., Палочкин С.В. Расчет рассеяния энергии колебаний в цилиндрической текстильной паковке с параллельной намоткой нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 4. С. 61...65.

7. Лабай Н.Ю., Палочкин С.В. Экспериментальные исследования демпфирования колебаний в приемно-намоточном механизме // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №2. С.121...125.

8. Палочкин С.В., Лабай Н.Ю., Рудовский П.Н. Экспериментальные исследования демпфирования колебаний в текстильных паковках с крестовой намоткой нити // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2015, №3. С.141...145.

9. Вибрации в технике: Справочник. В 6 томах / Ред. В.Н. Челомей (пред). – Т. 3. Колебания машин, конструкций и их элементов / Под ред. Ф.М. Диментбарга и К.С. Колесникова. – М.: Машиностроение, 1980.

10. Основы проектирования текстильных машин / Под общ. ред. А.М.Макарова. – М.: Машиностроение, 1976.

#### REFERENCES

1. Titov S.N. Nelinejnaja mehanika tekstil'nyh processov. – Kostroma: KGTU, 2004.

2. Palochkin S.V., Rudovskij P.N., Nuriev M.N. Metody i sredstva kontrolja osnovnyh parametrov tekstil'nyh pakovok. – М.: MGTU im. A.N. Kosygina, 2006.

3. Matjushev I.I., Klimov V.A., Mazin L.S. i dr. Vysokoskorostnye priemno-namotchnye mehanizmy dlja himicheskikh nitej. – М.: Legprombytzdat, 1991.

4. Koljagin A.Ju., Palochkin S.V. Jeksperimental'nye issledovanija dempfirovanija kolebanij v krutil'no-motal'nom mehanizme // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2009, №S2. S. 91...95.

5. Rudovskij P.N., Palochkin S.V., Koljagin A.Ju., Labaj N.Ju. Dempfirovanie kolebanij v cilindricheskom tele namotki pri izgibe opravki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2010, № 5. S.95...100.

6. Labaj N.Ju., Rudovskij P.N., Palochkin S.V. Raschet rassejanija jenerгии kolebanij v cilindricheskoj tekstil'noj pakovke s parallel'noj namotkoj niti // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2011, № 4. S. 61...65.

7. Labaj N.Ju., Palochkin S.V. Jeksperimental'nye issledovanija dempfirovanija kolebanij v priemno-namotchnom mehanizme // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 2. S.121...125.

8. Palochkin S.V., Labaj N.Ju., Rudovskij P.N. Jeksperimental'nye issledovanija dempfirovanija kolebanij v tekstil'nyh pakovkah s krestovoj namotkoj niti // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2015, №3. S.141...145.

9. Vibracii v tehnikе: Spravochnik. V 6 tomah / Red. V.N. Chelomej (pred). – Т. 3. Kolebanija mashin, konstrukcij i ih jelementov / Pod red. F.M. Dimentbarga i K.S. Kolesnikova. – М.: Mashinostroenie, 1980.

10. Osnovy proektirovanija tekstil'nyh mashin / Pod obshh. red. A.M.Makarova. – М.: Mashinostroenie, 1976.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 01.02.16.