

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДЕМПФИРОВАНИЯ КОЛЕБАНИЙ В КРУТИЛЬНО-МОТАЛЬНОМ МЕХАНИЗМЕ

А.Ю. КОЛЯГИН, С.В. ПАЛОЧКИН

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)

Кольцевые прядильные и крутильные машины составляют в настоящее время основу парка оборудования отечественных и зарубежных текстильных фабрик по выпуску высококачественной пряжи из натуральных и химических волокон. Производительность и качество продукции этих машин во многом определяются работой их крутильно-мотальных механизмов (КММ), совершенствование конструкций которых невозможно без глубоких исследований протекающих в них динамических процессов.

Для построения динамических моделей этих механизмов необходимо знать не только инерционные и упругие, но и диссипативные характеристики их элементов и узлов, а также учитывать влияние демпфирующих свойств нарабатываемых текстильных паковок на общую динамику механизма. Поэтому проведение исследований по определению количественных характеристик рассеяния энергии колебаний в КММ является актуальным и обоснованным с точки зрения практической значимости поставленной проблемы.

В качестве показателя оценки демпфирования колебаний при проведении экспериментальных исследований был принят коэффициент поглощения Ψ (относительное демпфирование), который по определению [1] равен:

$$\psi = W / \Pi, \quad (1)$$

где

$$\Pi = 0,5cA_{\max}^2; \quad (2)$$

W – рассеянная за цикл колебаний энергия; Π – наибольшее значение потенциальной энергии упругого элемента конструкции; c – жесткость упругого элемента конструкции; A_{\max} – максимальная (на-

чальная) амплитуда свободных затухающих колебаний.

Анализ конструкций КММ [2] показал, что демпфирование в них происходит, в основном, за счет рассеяния энергии колебаний в веретене, в зонах контакта веретена с опорным брусом, с приводным элементом и со шпулей, а также в наматываемой текстильной паковке. При этом в самом веретене энергия колебаний рассеивается вследствие трения в подшипниковых опорах качения и скольжения веретена и в стыках резьбовых и прессовых соединений его элементов.

Значения относительного демпфирования в типовых сопряжениях деталей машин (плоские и конусные стыки, резьбовые, шпоночные и др. соединения, подшипники) известны [1]. Однако данных по рассеянию энергии колебаний в наматываемых початках пряжи из различных натуральных и химических волокон, а также в соединении шпинделя веретена и шпули практически нет. Поэтому была поставлена задача экспериментального определения коэффициентов поглощения в прессовом соединении тонкостенной шпули с насадкой шпинделя, а также в намотанных на шпулю початках пряжи, имеющих различное сочетание размеров, массы и состава пряжи.

Для проведения исследований был спроектирован и изготовлен специальный опытный стенд (рис. 1-а – внешний вид). Конструкция стенда с целью уменьшения утечки энергии на соответствующие колебательные процессы фундамента и самого стенда удовлетворяет следующим требованиям: обеспечение высокой жесткости и массивности основания; применение конструкции с минимальным числом стыков (кроме исследуемых); обеспечение высоких напряжений затяжки стыков.

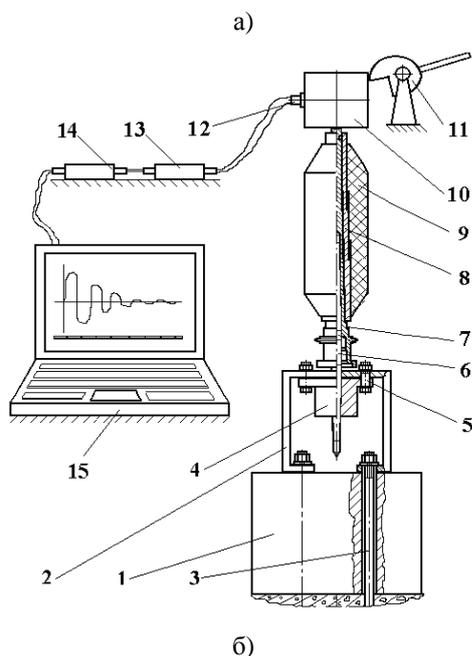


Рис. 1

Схема станда представлена на рис. 1-б. Массивное стальное основание станда 1 вместе с кронштейном 2 крепится с помощью четырех болтов 3 к бетонному фундаменту. На кронштейне с помощью втулки 4, притянутой к нему четырьмя болтами 5, консольно закреплен укороченный шпиндель 6 веретена с напрессованной на него насадкой 7. На насадку одевается с натягом шпуля 8, на которую намотан початок пряжи 9. Крепление шпинделя осуществлено за счет посадки с большим натягом при запрессовке его укороченного конического конца в соответствующее конусное отверстие втулки. Колебательная система станда с целью устранения колебаний высших тонов и ортогональных колебаний приближена к системе с одной степенью свободы. Для этого на свобод-

ном конце шпинделя с помощью дополнительного плотного резьбового соединения установлен кубик 10 (груз), масса и момент инерции которого относительно точки заделки значительно больше масс и моментов инерции остальных колеблющихся элементов. Роль упругого элемента в системе выполняет свободная консольная часть шпинделя.

При проведении экспериментов по методу "свободных затухающих колебаний" [1] кубик с помощью приспособления 11 в виде улитки отклоняли от исходного положения на фиксированное расстояние A_{\max} , регулируемое в диапазоне от 4 до 8 мм, и запускали свободные затухающие радиальные колебания опытного образца. Для регистрации этих вибраций использовали один из каналов свернутого в кубик трехканального датчика 12. Два других канала датчика фиксировали в ходе опытов отсутствие колебаний в направлениях, перпендикулярных первому и вдоль оси шпинделя. Датчик входил в систему автоматизированной регистрации, сбора и обработки экспериментальных данных. Система включала в себя также блок усиления сигналов датчика 13, плату для оцифровки сигналов 14 и персональный компьютер (ноутбук) 15 со специальным программным обеспечением, работающим под управлением системы "Windows HP", для обработки, просмотра и хранения полученных в ходе испытаний данных в виде опытных виброграмм и массива рассчитанных по ним значений Ψ .

При проведении испытаний по методу "петли гистерезиса" [1] кубик с помощью приспособления в виде винтовой пары ступенчато (с шагом 1 мм) отклоняли от исходного положения на расстояние $\pm A_{\max} = 8$ мм. На каждом шаге с помощью электронного динамометра фиксировали значение упругой отклоняющей силы F . Полученные данные вводились в компьютер для обработки по специальной программе с целью построения петли гистерезиса и расчета значений s , W , Π и ψ .

В ходе разработки методики проведения экспериментальных исследований были приняты следующие допущения:

– при конструкционном демпфировании частота колебаний практически не влияет на величину коэффициента ψ , то есть силы трения, действующие на контактных поверхностях, приближенно можно считать следующими закону Амонтона – Кулона;

– жесткость колебательной системы станда, приближенную к системе с одной степенью свободы, можно считать посто-

янной независимо от того, установлены или нет на шпиндель шпуля или шпуля с початком пряжи;

– суммарное рассеяние энергии колебаний в конструкции равно сумме энергий, рассеянных в ее различных стыках и элементах.

На основании сделанных допущений с учетом (1) и (2) получили зависимости вида

$$\psi_{\Sigma 12} = \frac{W_{\Sigma 12}}{\Pi} = \frac{W_1 + W_2}{\Pi} = \frac{W_1}{\Pi} + \frac{W_2}{\Pi} = \psi_1 + \psi_2, \quad (3)$$

$$\psi_{\Sigma 123} = \frac{W_{\Sigma}}{\Pi} = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{\Pi} = \frac{W_1}{\Pi} + \frac{W_2}{\Pi} + \frac{W_3}{\Pi} = \psi_1 + \psi_2 + \psi_3, \quad (4)$$

в которых приняты следующие индексы параметров демпфирования: $\Sigma 12$ – в колебательной системе станда с веретеном и шпулей; $\Sigma 123$ – в колебательной системе станда с веретеном, шпулей и намотанным на нее початком пряжи; 1 – в колебательной системе станда с веретеном; 2 – в соединении шпули с насадкой шпинделя веретена; 3 – в початке пряжи.

Определив в ходе испытаний значения ψ_1 , $\psi_{\Sigma 12}$ и $\psi_{\Sigma 123}$, искомые коэффициенты ψ_2 и ψ_3 рассчитали согласно (3) и (4) по формулам

$$\psi_2 = \psi_{\Sigma 12} - \psi_1, \quad (5)$$

$$\psi_3 = \psi_{\Sigma 123} - \psi_{\Sigma 12}. \quad (6)$$

Основной цикл экспериментов был проведен по методу "свободных затухающих колебаний" с 20-кратной повторностью для каждого из опытных образцов, представленных на рис. 2 (опытные образцы шпинделя веретена ВН-28-200 и намотанных на шпули из картона початков пряжи (слева направо): из смеси хлопка (34%), вискозы (33%) и льна (33%), из шерсти (100%) и из хлопка (100%)) и на рис. 3 (опытные образцы шпинделя веретена ВН-36-240, пластиковой шпули и початков пряжи (слева направо): из нитрона (100%), из смеси шерсти (50%) и нитрона (50%) и из шерсти (100%)).



Рис. 2



Рис. 3

Пример одной из полученных типовых виброграмм опытного образца шпинделя веретена с насадкой, пластиковой шпулей и намотанным початком чистошерстяной пряжи дан на рис. 4.

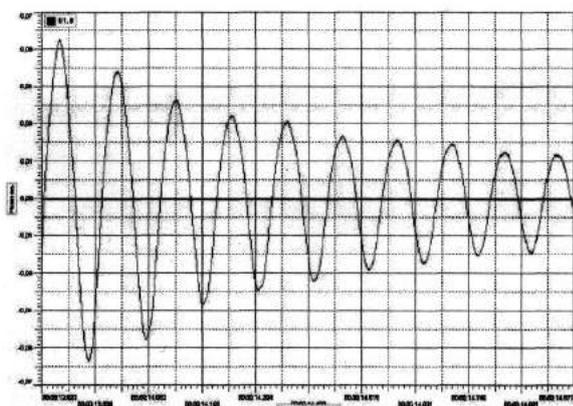


Рис. 4

Статические испытания по методу "петли гистерезиса", выполненные в качестве проверочных, подтвердили результаты основных опытов. В качестве исходных данных для решения уравнений (5) и (6) брали значения математических ожиданий параметров Ψ_1 , $\Psi_{\Sigma 12}$ и $\Psi_{\Sigma 123}$. Коэффициент вариации каждого из этих параметров не превышал (2...4)%. Результаты расчетов искомых коэффициентов Ψ_2 и Ψ_3 сведены соответственно в табл. 1 (коэффициенты поглощения Ψ_2 энергии колебаний в соединении шпули с насадкой шпинделя веретена из алюминиевого сплава) и табл. 2 (коэффициенты поглощения Ψ_3 энергии колебаний в початках пряжи из различных натуральных и химических волокон).

Таблица 1

Тип веретена	ВН-28-200 ГОСТ 27289-87	ВН-36-240 ГОСТ 27289-87
Материал шпули	Картон	Пластик
Ψ_2	0,044	0,059

Таблица 2

Тип веретена	ВН-28-200 ГОСТ 27289-87			ВН-36-240 ГОСТ 27289-87		
Материал шпули	Картон			Пластик		
Масса початка, г	30	60	90	50	100	150
Состав пряжи	Ψ_3					
Нитрон 100%	-	-	-	0,045	0,073	0,122
Шерсть 50% + Нитрон 50%	-	-	-	0,062	0,106	0,171
Шерсть 100%	0,070	0,102	0,157	0,094	0,163	0,260
Хлопок 100%	0,066	0,083	0,132	-	-	-
Хлопок 34% + Вискоза 33% + Лен 33%	0,054	0,065	0,083	-	-	-

Анализ результатов проведенных экспериментальных исследований позволяет сделать следующие выводы.

1. Частота колебаний, изменение которой достигалось использованием двух разных по массе кубиков при прочих равных условиях, практически не влияет на величину относительного демпфирования.

2. Жесткость колебательной системы стенда можно считать постоянной на всех этапах испытаний, так как частота колебаний шпинделя при постоянной массе кубика практически не менялась при установке на него шпули или шпули с початком пряжи.

ком пряжи.

3. Рассеяние энергии колебаний растет с увеличением числа элементов и стыков в испытываемых образцах.

4. Коэффициенты поглощения в соединении насадки шпинделя веретена и шпули лежат в диапазоне 0,04...0,06 и сопоставимы по величине с аналогичными характеристиками конусных стыков деталей машин [1].

5. Коэффициенты поглощения в различных по составу пряжи початках возрастают с увеличением массы паковки, располагаясь в диапазоне 0,03...0,26. Следова-

тельно, рассеяние энергии колебаний происходит в основном за счет трения между витками и слоями витков пряжи в початке.

6. Установленные значения коэффициентов поглощения позволяют дать реальную комплексную оценку рассеяния энергии колебаний в КММ и уточнить коэффициенты демпфирования, непосредственно используемые в уравнениях, моделирующих динамику этого механизма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вибрации в технике: Справочник. В 6 томах / Ред. совет: В41 В.Н. Челомей (пред.) – М.: Машиностроение, 1981. – Т. 6. Защита от вибраций и ударов / Под ред. К.В. Фролова. 1981.

2. *Макаров А.И.* Расчет и конструирование машин прядильного производства / А.И. Макаров, А.Г. Севостьянов, А.Ф. Прошков, А.Д. и др. / Под ред. А.И. Макарова. – М.: Машиностроение, 1969.

Рекомендована кафедрой деталей машин и подъемно-транспортных устройств. Поступила 24.04.09.
