

УДК 677.053.74.001.5

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ НИТЕНАТЯЖНЫХ ПРИБОРОВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ НАТЯЖЕНИЯ НИТЕЙ В ПАРТИОННОМ СНОВАНИИ

Н.А. КУЛИДА, А.Ю. ШАРОВА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Нитенатяжители сновальных машин, как любые другие технические устройства, подвержены влиянию различных факторов, со временем изменяющих их технические характеристики. Кроме того, при производстве НП вследствие допусков на комплектующие наблюдается естественный разброс параметров, который в значительной степени влияет на неравномерность натяжения нитей при сновании.

Например, измерения веса тормозных шайб и диаметров стержней нитенатяжителей НС-1 показали, что коэффициент вариации составляет почти 12 % по весу и чуть более 3 % по диаметру. Со временем по причине значительных истирающих воздействий состояние фрикционных поверхностей НП ухудшается, что приводит к изменению характеристик, а порой и к невозможности их дальнейшей эксплуатации.

Разработке системы мер, направленных на определение технического уровня НП, до сих пор не уделялось должного внимания. Основные параметры НП в процессе эксплуатации не контролировались и поэтому достоверно установить причины высокой неравномерности натяжения основных нитей в процессах подготовки и ткачества не представлялось возможным.

К числу основных характеристик НП следует отнести функцию преобразования

– зависимость приращения выходного натяжения от уровня входного. Из-за разброса параметров, конструктивных особенностей и действия различных факторов реальные функции преобразования НП при выбранной настройке оказываются в некоторых пределах неоднозначными и образуют некоторую полосу неопределенностей.

У аддитивных НП полоса неопределенностей параллельна оси абсцисс; у мультипликативных заключена между двух лучей, выходящих из начала координат (рис.1). У комбинированных НП полоса неопределенностей определяется соотношением между аддитивной и мультипликативной составляющими натяжения.

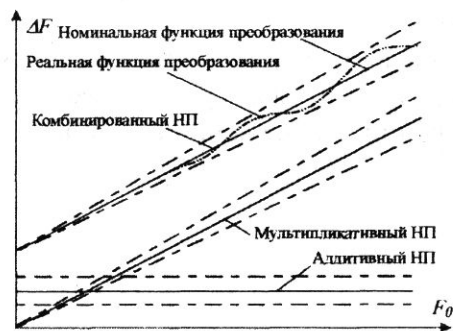


Рис. 1

Некоторую детерминированную среднюю линию полосы неопределенностей при выбранном соотношении между адди-

тивной и мультипликативной составляющими выходного натяжения будем называть номинальной функцией преобразования НП (рис. 1).

Качество нитенатяжного прибора можно оценить шириной полосы неопределенностей: чем шире полоса неопределенностей, тем больший разброс натяжения на выходе нитенатяжителей шпулярика. Производитель при выпуске того или иного типа НП должен гарантировать нахождение реальной функции преобразования в полосе неопределенностей, указанной в техническом паспорте НП.

Для сравнения технического уровня различных типов НП и оценки их технического состояния целесообразно нормировать указанную на рис. 1 полосу неопределенностей. Если представить функцию преобразования НП состоящей из аддитивной и мультипликативной составляющих, то приращение натяжения на выходе НП:

$$\Delta F = (S_M \pm \delta_s) F_0 + (F_A \pm \Delta_A),$$

где S_M – коэффициент, определяющий наклон функции преобразования и мультипликативную составляющую натяжения; δ_s – относительное изменение коэффициента S_M для всех НП данного типа, обусловленное естественным разбросом конструктивных параметров и влиянием на него различных факторов, в том числе состава и линейной плотности пряжи; F_0 – входное натяжение; F_A, Δ_A – аддитивная составляющая приращения натяжения и ее абсолютное изменение, вызванное, например, отмеченным выше разбросом веса тормозных шайб, различием коэффициента жесткости используемых в натяжителе пружин и т.д.

Соответственно для чисто аддитивных и мультипликативных НП функции преобразования имеют вид:

$$\Delta F = (F_A \pm \Delta_A) \text{ и } \Delta F = (S_M \pm \delta_s) F_0.$$

Для нормирования аддитивных НП определим диапазон дополнительного натя-

жения ΔF : $F_{A \min} \dots F_{A \max}$. В качестве нормы полосы неопределенностей примем приведенное значение Δ_A : $\gamma = (\Delta_A / F_{A \max}) \cdot 100\%$. Для мультипликативного НП норма полосы неопределенностей может быть установлена в виде относительного значения ширины полосы: $\delta_s = (\Delta F_s / F_0) \cdot 100\%$, которое остается неизменным во всем диапазоне изменения входного натяжения и выбирается для максимального значения $S_{M \max}$.

В случае комбинированного НП ширину полосы неопределенностей целесообразно указывать по каждой составляющей отдельно. В этом случае параметры, характеризующие технический уровень НП, определяются в виде γ – приведенного значения полосы неопределенностей аддитивной составляющей и δ_s – относительного значения мультипликативной составляющей. Наряду с указанными выше диапазонами изменения аддитивной и мультипликативной составляющих $F_{A \min} \dots F_{A \max}$ и $S_{M \min} \dots S_{M \max}$ параметры γ и δ_s определяют технический уровень нитенатяжителя.

Для контроля технического состояния НП целесообразно использовать измерительный комплекс, позволяющий получать функцию преобразования НП и на ее основе определять другие его параметры. Описание измерительного комплекса приведено в [1]. Остановимся на особенностях экспериментальной оценки технического состояния НП.

Определение дополнительного натяжения, создаваемого аддитивным НП, не вызывает больших затруднений. В этом случае в соответствии с [2] определение аддитивной составляющей сводится к контролю натяжения на входе и выходе НП. Установление ширины полосы неопределенностей проводится для выбранной настройки НП. Если в натяжителе используются дополнительные грузовые шайбы или величина нагрузки регулируется с помощью пружины, то, выполняя настройку всех НП шпулярика в соответствии с техническими условиями проведения процесса снования, проводят контроль функции преобразования.

На стадии приемочных испытаний и оценки технического уровня не обязательно контролировать все без исключения НП. Можно, основываясь на методах статистического контроля, осуществлять выборочный контроль, который позволит значительно снизить затраты на его проведение.

Вместе с тем в отличие от контроля НП в процессе эксплуатации здесь функции преобразования получают в диапазоне изменения аддитивной и мультипликативной составляющих натяжения. Учитывая стохастический характер этих составляющих, при определении ширины полосы неопределенностей необходимо проводить идентификацию закона распределения отклонений реальной функции преобразования от номинальной.

В процессе эксплуатации состояние фрикционных поверхностей НП изменяется, функции преобразования отдельных экземпляров НП могут выходить за пределы полосы неопределенностей, поэтому по результатам выборочного контроля принимается решение о необходимости проведения контроля всех НП.

При проведении испытаний мультипликативных НП определение коэффициента преобразования также не вызывает особых трудностей. Для этого, как и в случае аддитивного НП, достаточно измерить натяжения на его входе и выходе и в соответствии с функцией преобразования $\Delta F = S_M F_0$ вычислить приращение натяжения ΔF и отнести его к натяжению на входе.

$$a \quad F_A = \sum_{\ell=1}^m \Delta_{\ell} \prod_{j=\ell}^k S_j = F_1 - F_{01} (F_2 - F_1) / (F_{02} - F_{01}),$$

или

$$F_A = F_2 - F_{02} (F_2 - F_1) / (F_{02} - F_{01}).$$

Разумеется, для повышения точности определения составляющих натяжения целесообразно при измерении натяжения на входе и выходе НП проводить статистическую обработку результатов.

В случае комбинированного НП, учитывая необходимость отдельного определения аддитивной и мультипликативной составляющих, проводятся измерения натяжения на входе и выходе [3], при этом, если имеется возможность исключить аддитивную составляющую, измеряют натяжение и в ее отсутствие, и с ней.

Величину аддитивной составляющей определяют как разницу полученных значений. В случае, например, натяжителя НС-1, исключение аддитивной составляющей достигается снятием тормозных шайб. Если же конструкция НП не допускает исключения аддитивной составляющей, то процедура отдельного определения составляющих натяжения несколько усложняется.

В этом случае оценку аддитивной и мультипликативной составляющих можно получить, выполняя последовательно измерения натяжения на выходе НП при двух различных значениях натяжения на входе [3]: F_{01} и F_{02} , причем, если $F_{02} > F_{01}$, а соответствующие значения натяжения на выходе F_1 и F_2 , то в случае комбинированного НП с функцией преобразования обобщенного вида

$$F_i = F_{0i} \prod_{j=1}^k S_j + \sum_{\ell=1}^m \Delta_{\ell} \prod_{j=\ell}^k S_j,$$

коэффициент преобразования

$$S_M = \prod_{j=1}^k S_j - 1 = (F_2 - F_1) / (F_{02} - F_{01}),$$

Покажем на примере натяжителя НС-1 определение предлагаемых параметров. $F_{A \min}$ соответствует использованию в заправке одного шайбового фрикционного элемента с минимальным значением угла охвата нитенаправителей [4, рис. 1].

Численное значение $F_{A \min}$ определяли на стенде, выполняя измерения натяжения после НП с тормозной шайбой и без нее

при постоянном натяжении на входе, предварительно идентифицируя закон распределения результатов измерения натяжения. В качестве теоретического рассматривалось нормальное распределение. С помощью критерия Пирсона с доверительной вероятностью 0,95 было установлено, что распределение результатов измерения натяжения после НП подчиняется нормальному закону.

В результате для 28 обследованных натяжителей получили среднее значение натяжения $\bar{F}_{A \min} = 1,25$ сН; среднее квадра-

тическое отклонение $s_{\Delta 1} = 0,14$ сН и коэффициент вариации $w_{\Delta 1} = 11\%$. $F_{A \max}$ соответствует заправке по схеме [4, рис. 1-а] с использованием помимо тормозных еще и грузовых шайб. Значения характеристик неравномерности для рассматриваемой заправки определяли аналогично. В результате получено: $\bar{F}_{A \max} = 10,26$ сН; $s_{\Delta 2} = 1,96$; $w_{\Delta 2} = 19\%$.

Сравнение коэффициентов вариации показало, что различие их значимо, поэтому нормирование полосы неопределенностей аддитивной составляющей натяжения целесообразно проводить отдельно для заправок, использующих тормозные и грузовые шайбы или только тормозные. Ширина полосы неопределенностей для $\bar{F}_{A \min}$ с доверительной вероятностью 0,95 составила $\gamma = 4,3\%$. Соответственно для $\bar{F}_{A \max}$ $\gamma = 7,4\%$.

Максимальное значение коэффициента S_m получено для заправочной схемы [4, рис. 1-а]. Оно составило $\bar{S}_{m \max} = 2,34$; $s_s = 0,48$; $w_s = 21\%$. Отсюда при доверительной вероятности 0,95 ширина полосы неопределенностей мультипликативной составляющей равна 7,9%.

Для партионного снования очень важным является прогнозирование неравномерности натяжения и определение возможности ее снижения до требуемого уровня путем выбора скорости снования

или изменением настройки используемых на шпулярике НП. Ранее такой прогноз был невозможен по причине отсутствия статистических закономерностей изменения натяжения после НП.

Для решения поставленной задачи экспериментально определяли закон распределения натяжения нитей при сматывании с питающих паковок шпулярика. Эксперимент выполнялся на сновальной машине СП-180-4 при сновании хлопчатобумажной пряжи 29 текс в условиях АО "Солидарность" (п. Савино Ивановской обл.). Параметры снования: количество нитей на сновальном валу 464; скорость снования 490 и 600 м/мин; длина нитей 20000 м; число валиков, нарабатываемых с одной ставки бобин, 2.

Для идентификации закона распределения с помощью портативного тензометра ТМИН-004 [5] выполняли измерения натяжения при наработке одного сновального вала, при этом с целью ускорения процесса получения необходимого объема измерений использовали магнитофон. Запись натяжения осуществлялась после амплитудной модуляции напряжения постоянного тока.

Обработку данных проводили с помощью вычислительной системы Statistica на компьютере, в который информацию с магнитофона вводили через звуковую плату. Для проверки гипотезы нормальности распределения использовали критерий Пирсона. Гипотеза о нормальном законе распределения данных о натяжении хлопчатобумажной пряжи 29 текс на основании этого критерия не отвергалась, поскольку вычисленное по полученным результатам значение критерия χ^2 оказалось меньше табличного χ^2_q [6].

С целью оценки влияния различных факторов на характеристики неравномерности получено 6 массивов экспериментальных данных при срабатывании 3 ставок и наработке 6 сновальных валов.

Вариант	Условия снования	Характеристики неравномерности					
		до нитенатяжителя			после нитенатяжителя		
		\bar{F} , сН	s, сН	w, %	\bar{F} , сН	s, сН	w, %
1	V=490 м/мин, первый сновальный вал с первой ставки	1.99	0,65	33	9,4 (9,4)	2,4 (0,67)	26 (7)
2	V=490 м/мин, второй сновальный вал с первой ставки	3.69	1,05	29	15,1 (11,1)	4,0 (1,06)	27 (10)
3	V=490 м/мин, первый сновальный вал со второй ставки	2.11	0,66	31	9,8 (9,6)	2,48 (0,68)	25 (7)
4	V=490 м/мин, второй сновальный вал со второй ставки	3.10	0,94	30	13,1 (10,6)	3,55 (0,95)	27 (9)
5	V=600 м/мин, первый сновальный вал с третьей ставки	3.04	1,00	33	12,9 (10,5)	3,73 (1,01)	29 (10)
6	V=600 м/мин, второй сновальный вал с третьей ставки	5.07	1,93	38	19,8 (12,5)	7,05 (1,94)	36 (16)

В табл. 1 представлены обработанные результаты измерений натяжения (при сновании хлопчатобумажной пряжи 29 текс). Изменения характеристик неравномерности при сновании в других условиях определяли с помощью критерия Фишера. Расчетное дисперсионное отношение F_R составило 1,02 при неизменной скорости снования и 1,54 при переходе на скорость снования 600 м/мин. При доверительной вероятности $p = 0,95$ и числе степеней свободы $k_1 = k_2 = 19$ с помощью вероятностного калькулятора системы Statistica находили $F = 2,17$. Поскольку $F_R < F$ в обоих

случаях, то разница между значениями дисперсий случайна при переходе на снование следующей ставки и увеличении скорости снования до 600 м/мин. Аналогично установлена незначимость различия дисперсий при уменьшении диаметра паковок, с которых осуществлялось сматывание пряжи.

На основании однородности дисперсий рассматриваемых выборок проводили сравнение средних значений натяжения и коэффициента вариации [7], вычисляя предварительно дисперсию воспроизводимости.

Таблица 2

Сравниваемые варианты из табл. 1	Дисперсия воспроизводимости	Расчетное значение критерия Стьюдента	Расчетное значение t_R -критерия
1 и 2	0,76	6,16	0,58
1 и 3	0,43	0,58	0,28
3 и 4	0,66	3,86	0,15
5 и 6	2,36	4,18	0,63
1 и 6	2,07	6,76	0,63

В табл. 2 приведены расчетные значения критерия Стьюдента и t_R -критерия, сравнение которых позволяет сделать вывод об изменении средних значений в сравниваемых случаях, за исключением случая снования на скорости 490 м/мин при переходе на другую ставку. Расчетное значение t_R -критерия меньше 2 во всех сравниваемых случаях, поэтому различие в коэффициентах вариации при доверительной вероятности 0,95 незначимо.

Характеристики неравномерности натяжения после НП вычисляли по форму-

лам из [8]. Использовалась настройка, для которой $F_A=2,6$ сН; $s_\Delta = 0,14$ сН; $S_M = 2,39$; $s_s = 0,48$. Прогнозируемые характеристики неравномерности натяжения после НС-1, подтвержденные в результате экспериментальных исследований, представлены в табл. 1. Их сравнение с характеристиками неравномерности до НП свидетельствует о некотором их снижении.

Однако более существенного снижения неравномерности можно достичь, применяя НП с преобладающей аддитивной составляющей натяжения. Например, если

использовать гипотетический нитенатяжитель с $F_A = 7,45$ сН и $s_\Delta = 0,14$ сН, а $S_M = 0$ ($S = 1$) и $s_s = 0$, то в соответствии с формулой $s_F = \sqrt{s_{F_0}^2 s_s^2 + s_{F_0}^2 \bar{S}^2 + s_s^2 \bar{F}_0^2 + s_\Delta^2}$ с.к.о. после НП значительно снижается. Коэффициент вариации в рассмотренных в табл. 1 случаях не превышает 16% (характеристики неравномерности натяжения после гипотетического НП приведены в табл. 1 в скобках).

На основе приведенного прогноза неравномерности натяжения после НП с учетом установленного ранее влияния аэродинамического сопротивления на натяжение [1] можно определить неравномерность натяжения в зоне наматывания нитей на сновальный вал.

ВЫВОДЫ

1. Для оценки влияния нитенатяжных приборов на неравномерность натяжения нитей в партионном сновании предложена система параметров и характеристик, полученная в результате экспериментального определения функции преобразования и нормирования полосы неопределенностей аддитивной и мультипликативной составляющих натяжения.

2. Уменьшению неравномерности натяжения в партионном сновании способст-

вует увеличение доли аддитивной составляющей дополнительного натяжения, создаваемого натяжными приборами, и сужение их полосы неопределенностей как по аддитивной, так и по мультипликативной составляющим натяжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулида Н.А., Шарова А.Ю. // Вестник Ивановской государственной текстильной академии. – 2002, № 2.
2. Гусев Б.Н., Кулида Н.А. и др. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1986, № 3, № 4.
3. Гусев Б.Н., Кулида Н.А., Минц Б.И. // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 1993, №6. С.44...46; 1994, №2. С.40...43.
4. Брут-Бруляко А.Б. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №2. С.54...56.
5. Кулида Н.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1995, №3. С.105...108.
6. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология: Учебное пособие для вузов. – М.: Логос, 2001.
7. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности: Учебник для вузов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.
8. Кулида Н.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №2. С.57...61.

Рекомендована кафедрой автоматики и радиоэлектроники. Поступила 08.06.03.