

ВЛИЯНИЕ ТИПА НИТЕНАТЯЖНОГО ПРИБОРА НА НЕРАВНОМЕРНОСТЬ НАТЯЖЕНИЯ НИТЕЙ ПРИ СНОВАНИИ

Н.А. КУЛИДА

(Ивановская государственная текстильная академия)

Неравномерность натяжения в сновании, отрицательно сказывающаяся на качестве вырабатываемых тканей [1], проявляется в различии натяжения всей совокупности нитей и в натяжении отдельных нитей, то есть присутствует неравномерность двух видов [2]. Неравномерность натяжения совокупности нитей на выходе шпуляричника, назовем ее α -неравномерностью, обусловлена многими причинами, к числу которых следует отнести изменение скорости снования, различия в геометрических и структурных параметрах питающих паковок и в их расположении относительно нитенаправителя натяжного прибора (НП) и другие. Второй вид неравномерности (β -неравномерность) порождается, в основном, изменением условий сматывания нити с питающей паковки и проявляется в изменении натяжения, описываемого функцией времени. В этом случае натяжение нити содержит постоянную и колебательную составляющие [3], которые изменяются в зависимости от скорости снования, линейной плотности, параметров питающих паковок, типа применяемого на шпуляричнике НП и т.д.

Характеристики β -неравномерности даны в [3], где рассмотрено влияния типа НП и порядка чередования фрикционных

элементов на относительное значение колебательной составляющей. Поскольку натяжение нитей зависит от большого числа случайных факторов, целесообразно для оценки α -неравномерности использовать статистические характеристики.

Рассмотрим влияние типа НП на характеристики α -неравномерности. Экспериментальные исследования [4] показали, что распределение натяжения нитей подчиняется нормальному закону. Принимая допущение о детерминированном характере дополнительных натяжений, создаваемых НП, выберем для оценки неравномерности выборочное среднее квадратическое отклонение (с.к.о.) s и коэффициент вариации $v = s / \bar{x}$, где \bar{x} – выборочное среднее арифметическое. Натяжение i -й равномерной по диаметру и нерастяжимой нити после НП с аддитивным фрикционным элементом можно представить в виде $F_i = F_{0i} + \Delta$, где F_{0i} – натяжение до НП; Δ – аддитивная составляющая дополнительного натяжения. Отсюда среднее значение натяжения всей совокупности нитей шпуляричника составляет $\bar{F} = \bar{F}_0 + \Delta$, где \bar{F}_0 – среднее значение натяжения до НП. Нетрудно показать, что с.к.о. натяжения по-

$$\text{сле НП } s = s_0, \text{ где } s_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (F_{0i} - \bar{F}_0)^2}{n-1}}$$

с.к.о. натяжения на входе n аддитивных НП. Коэффициент вариации $v = v_0 / (1+k_T)$, где k_T – относительное увеличение натяжения; v_0 – коэффициент вариации натяжения на входе НП. Таким образом, аддитивные НП уменьшают α -неравномерность натяжения.

Аналогично для НП с мультипликативным фрикционным элементом с относительным увеличением натяжения k_T с.к.о. после нитенатяжителя составляет $s = s_0(1+k_T)$, а коэффициент вариации остается неизменным $v = v_0$, то есть неравномерность натяжения нитей не снижается. Таким образом, на сновальной машине для снижения α -неравномерности натяжения нитей предпочтительно использовать аддитивные НП, однако из-за необходимости изменения направления движения нити на угол $\pi/2$ в конструкции НП используются либо мультипликативный фрикционный элемент (невращающийся нитенаправитель), либо вращающийся ролик. В последнем случае НП остается чисто аддитивным и, следовательно, α -неравномерность натяжения снижается, при этом, как показано ранее [3], уменьшается и β -неравномерность. Полученный вывод представляется достаточно важным и должен учитываться при проектировании новых типов НП шпулярников сновальных машин.

При использовании невращающегося нитепровода после аддитивного фрикционного элемента нитенатяжители относятся к комбинированным (AM) и натяжение i -й нити при прежних ограничениях $F_i = (F_{0i} + \Delta)S$, где S – коэффициент увеличения натяжения в мультипликативном фрикционном элементе. Среднее значение натяжения нитей после НП

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i=1}^n S(F_{0i} + \Delta)}{n} = S(\bar{F}_0 + \Delta). \quad (1)$$

Относительный коэффициент увеличения натяжения с учетом аддитивной и

мультипликативной составляющих $k_T = S(1 + \frac{\Delta}{F_0}) - 1$. Можно показать, что с.к.о. после НП составляет $s = Ss_0$, а коэффициент вариации $v = v_0 / (1 + \frac{\Delta}{F_0})$, то есть неравномерность снижается с увеличением доли аддитивной составляющей натяжения комбинированных НП.

Невращающийся нитепроводник, изменяющий направление движения нити на угол $\pi/2$, может располагаться до аддитивного фрикционного элемента. В этом случае НП также относится к комбинированным (MA) и натяжение i -й нити $F_i = SF_{0i} + \Delta^*$, где Δ^* – аддитивная составляющая натяжения, выбираемая для возможности сравнения таким образом, чтобы относительное увеличение натяжения в обоих случаях было одинаковым.

Среднее значение натяжения после НП составляет

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i=1}^n SF_{0i} + \Delta^*}{n} = S\bar{F}_0 + \Delta^*, \quad (2)$$

или

$$\bar{F} = (k_T + 1)\bar{F}_0,$$

$$\text{где } k_T = S - 1 + \frac{\Delta^*}{F_0}.$$

С.к.о. натяжения после НП

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [SF_{0i} + \Delta^* - (k_T + 1)\bar{F}_0]^2}{n-1}} = Ss_0, \quad (3)$$

то есть с.к.о. натяжения комбинированного НП не зависит от порядка чередования источников трения. Поскольку среднее значение натяжения остается неизменным в рассматриваемых случаях, то при одинаковой доле мультипликативной составляющей в общем натяжении и при прочих равных условиях α -неравномерность не зависит от порядка чередования фрикционных элементов НП.

На шпулярниках отечественных сновальных машин используются нитенатя-

жители НС-1 комбинированного типа, в которых между двумя шайбовыми расположен один штифтовой нитенатяжитель. Оценим α -неравномерность натяжения нитей в этом случае.

Если рассматривать заправочную схему общего вида (рис.1-а, [5]), то функция преобразования при принятых ранее ограничениях имеет вид

$$F_i = F_{0i} \prod_{j=1}^k S_j + \sum_{\ell=1}^m \Delta_{\ell} \prod_{j=1}^k S_{j+1}, \quad (4)$$

где k и m – число соответственно мультипликативных и аддитивных фрикционных элементов. В случае, когда угол охвата

$$v = s_0 \prod_{j=1}^k S_j / \prod_{j=1}^k S_j (\bar{F}_0 + \sum_{\ell=1}^m \Delta_{\ell}) = s_0 / (\bar{F}_0 + \sum_{\ell=1}^m \Delta_{\ell}). \quad (6)$$

Обозначив в (6) $\delta_{\Delta} = \frac{\sum_{\ell=1}^m \Delta_{\ell}}{\bar{F} - \bar{F}_0}$ – долю ад-

дитивной составляющей в приращении натяжения, коэффициент вариации (6) представим как

$$v = \frac{v_0}{1 + \delta_{\Delta} k_T}. \quad (7)$$

Таким образом, α -неравномерность натяжения нитей на партионных сновальных машинах с НП типа НС-1 на шпулярнике можно снизить, увеличивая долю натяжения, создаваемого аддитивным фрикционным элементом.

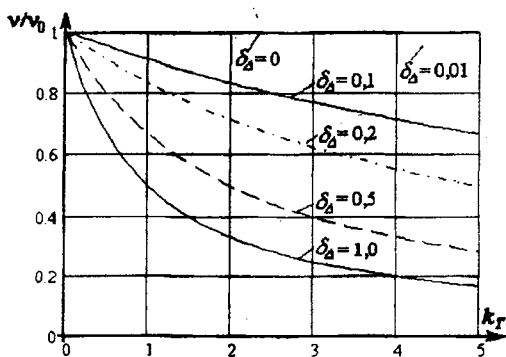


Рис. 1

нитенаправителя, расположенного на входе НП, равен нулю (угол δ_1 из [5]), то

$$F_i = F_{0i} \prod_{j=1}^k S_j + \sum_{\ell=1}^m \Delta_{\ell} \prod_{j=1}^k S_j. \quad (5)$$

Нетрудно показать, что в обоих случаях с.к.о. натяжения после НП $s = s_0 \prod_{j=1}^k S_j$, а

коэффициент вариации, учитывая, что для (5)

$$\bar{F} = \prod_{j=1}^k S_j (\bar{F}_0 + \sum_{\ell=1}^m \Delta_{\ell}),$$

На рис.1 показаны зависимости $v/v_0 = f(k_T)$ для различных δ_{Δ} , из которых следует, что при $\delta_{\Delta} = 0$ (отсутствует аддитивный фрикционный элемент) коэффициент вариации не зависит от коэффициента увеличения натяжения k_T , так как $v/v_0 = 1$, а при $\delta_{\Delta} = 1$ (отсутствует мультипликативный фрикционный элемент) $v/v_0 = \frac{1}{1 + k_T}$. Для других настроек НС-1 зависимости $v/v_0 = f(k_T)$ лежат между этими предельными кривыми.

Полученные выражения для оценки неравномерности натяжения нитей в сновании основывались на допущении о детерминированном характере дополнительного натяжения, создаваемого каждым из приборов. Однако при низкой идентичности характеристик НП обе составляющие натяжения определяются факторами, которые в совокупности с используемыми на шпулярнике НП, делает их случайными.

Например, мультипликативная составляющая натяжения зависит от точности настроек НП (положения штифтов у НС-1), коэффициента трения нити о штифт, который, в свою очередь, опреде-

ляется состоянием поверхности конкретного штифта, влажностью нитей, их составом и т.д. Аддитивная составляющая зависит от массы верхней шайбы, скорости ее вращения, состояния поверхности и ряда других причин.

Рассмотрим задачу определения α -неравномерности с учетом случайного характера составляющих натяжения. Если НП является аддитивным, то закон распределения натяжения на его выходе $p_F(x)$ при отсутствии корреляции между F_0 и Δ определяется композицией двух распределений и выражается интегралом [6]:

$$p_F(x) = \int_{-\infty}^{\infty} p_{F_0}(z) p_{\Delta}(x-z) dz, \quad (8)$$

где $p_{F_0}(x)$, $p_{\Delta}(x)$ – законы распределения соответственно натяжения F_0 и аддитивной составляющей Δ . С.к.о. s_F натяжения на выходе аддитивного НП в соответствии с теоремой сложения дисперсий равно $s_F = \sqrt{(s_{F_0})^2 + (s_{\Delta})^2}$, то есть с учетом случайного характера дополнительного натяжения, создаваемого аддитивным НП, с.к.о. увеличивается, а, принимая во внимание $\bar{F} = \bar{F}_0 + \bar{\Delta}$, можно констатировать и увеличение коэффициента вариации.

Если возникает необходимость в оценке доверительного интервала натяжения на выходе НП, то в случае нормально распределенных F_0 и Δ закон распределения натяжения на выходе прибора также является нормальным и величина доверительного интервала составляет $\Delta = ts_{\bar{F}}$, где t – квантильный коэффициент нормального распределения для выбранной доверительной вероятности; $s_{\bar{F}}$ – с.к.о. среднего арифметического.

Аналогично в случае мультипликативного характера НП при независимости рассматриваемых случайных величин и в соответствии с теоремой умножения математических ожиданий $\bar{F} = \bar{S}\bar{F}_0$, а с.к.о. [7] $s_F^2 = s_{F_0}^2 s_S^2 + s_{F_0}^2 \bar{S}^2 + s_S^2 \bar{F}_0^2$, где s_S – с.к.о. коэффициента увеличения натяжения.

Коэффициент вариации для этого случая

$$v = \frac{\sqrt{s_{F_0}^2 s_S^2 + s_{F_0}^2 \bar{S}^2 + s_S^2 \bar{F}_0^2}}{\bar{S}\bar{F}_0}. \quad (9)$$

Если сравнить коэффициенты вариации мультипликативного НП при детерминированном и случайном характерах коэффициента увеличения натяжения, то, как это следует из (9), с учетом случайного характера коэффициента S неравномерность натяжения нитей увеличивается. Сравнение с аддитивным НП также не в пользу мультипликативного прибора: если предположить равные относительные увеличения натяжения приборами и равные соответствующие с.к.о., то у мультипликативного НП коэффициент вариации выше.

Для комбинированного НП с последовательно чередующимися фрикционными элементами функцию преобразования (4) можно представить в виде

$$F_i = SF_{0i} + \Delta,$$

где S – общий коэффициент увеличения натяжения, равный произведению коэффициентов отдельных элементов прибора; Δ – аддитивная составляющая натяжения, не зависящая от входного натяжения.

В этом случае $\bar{F} = \bar{F}_0 \bar{S} + \bar{\Delta}$, с.к.о. $s_F = \sqrt{s_{F_0}^2 s_S^2 + s_{F_0}^2 \bar{S}^2 + s_S^2 \bar{F}_0^2 + s_{\Delta}^2}$ и коэффициент вариации $v = s_F / \bar{F}$.

На натяжение нитей, наматываемых на сновальный вал, оказывает влияние аэродинамическое сопротивление и направляющие элементы гребенок шпулярника [8]: натяжение с более удаленных от сновальной машины бобин выше, чем с ближних.

Для оценки α -неравномерности на выходе шпулярника рассмотрим нити, сматываемые с паковок, расположенных на одной вертикали секции шпулярника. Учитывая, что большую часть приращения натяжения при движении нитей вдоль шпулярника составляет аэродинамическая составляющая, имеющая аддитивный ха-

рактир [8], примем, что для каждой из рассматриваемых нитей приращение натяжения одинаково и составляет Δ_n . Возникает вопрос: следует ли учитывать это приращение при оценке неравномерности натяжения на выходе шпулярника и нужно ли предпринимать меры по ее уменьшению путем индивидуальной регулировки НП?

Составляющая Δ_n имеет детерминированный характер, а $ts_{\bar{f}}$ – случайный. Для их суммирования используем методику суммирования случайных и систематических составляющих погрешностей измерения, принятую в метрологии [9], из которой следует, что если детерминированная составляющая меньше $0,8ts_{\bar{f}}$, то ею можно пренебречь. Если же $\Delta_n > 8ts_{\bar{f}}$, то случайную составляющую не учитывают. Сравнивая приращение натяжения, получаемое нитью вследствие аэродинамического сопротивления и трения о направляющие гребенки, с параметрами неравномерности натяжения нитей, сматываемых с питающих паковок, расположенных на одной вертикали, и учитывая разброс параметров НП и их регулировочные возможности, можно сделать вывод о необходимости их индивидуальной подстройки для рассматриваемой группы нитей.

Учитывая, что приращение натяжения отдельной нити из-за аэродинамического сопротивления значительно зависит от скорости, ее не следует изменять при наработке сновальных валов, так как это в соответствии с выполненным анализом увеличивает неравномерность натяжения. В связи с этим возрастают требования к точности стабилизации линейной скорости снования. При разработке сновальной машины следует ориентироваться на использование привода, обеспечивающего необходимую стабильность скорости снования.

В условиях часто изменяющегося ассортимента тканей, вырабатываемых на предприятии, в случае, когда к неравномерности натяжения предъявляются жесткие требования, надлежит принять организационные меры по закреплению сноваль-

ных машин за определенным ассортиментом перематываемой пряжи.

ВЫВОДЫ

1. Предложены параметры, характеризующие неравномерность натяжения нитей шпулярника сновальной машины.

2. Установлено влияние параметров нитенатяжных приборов на характеристики неравномерности натяжения нитей на выходе шпулярника.

3. Показано, что неравномерность натяжения нитей уменьшается с ростом дополнительного натяжения, создаваемого аддитивным нитенатяжителем. При использовании комбинированных нитенатяжных приборов неравномерность натяжения меньше у приборов с большей долей аддитивной составляющей натяжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев И.А., Сердюк В.П. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1971, № 2. С. 75...79.

2. Ефремов Е.Д., Кислякова А.М., Попова Г.К. Технологический процесс снования пряжи в текстильном производстве. – Ярославль, 1977.

3. Кулида Н.А. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, № 4. С.25...29.

4. Брут-Бруляко А.Б., Барунова Т.Ю. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1996, № 1. С.38...41.

5. Брут-Бруляко А.Б. и др. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, № 2. С.54...56.

6. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Теория вероятностей и прикладная статистика. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001.

7. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. – М.: Наука, 1988.

8. Кулида Н.А., Шарова А.Ю. // Вестник Ивановской государственной текстильной академии. – 2001, №1. С.42...48.

9. Гост 8207–76. Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки результатов измерений.

Рекомендована кафедрой автоматизации и радиоэлектроники. Поступила 18.10.02.