

УДК 677.022

**УСТРАНЕНИЕ СКРЫТОЙ ВЫТЯЖКИ БЕСКРУТОЧНОЙ РОВНИЦЫ  
ПРИ ЕЕ НАМАТЫВАНИИ**

**ELIMINATION OF LATENT STRETCHING OF UNTWISTED ROVING  
DURING WINDING**

*П.Н. РУДОВСКИЙ, С.В. ПАЛОЧКИН, М.Н. НУРИЕВ*

*P.N. RUDOVSKY, S.V. PALOCHKIN, M.N. NURIEV*

**(Костромской государственной университет,  
Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,  
Азербайджанский государственный экономический университет)**

**(Kostroma State University,  
Bauman Moscow State Technical University,  
Azerbaijan State Economic University)**

E-mail: pavel\_rudovsky@mail.ru, palnigs@mfil.ru, mehman62@mail.ru

*Одним из преимуществ мокрого вьюркового способа формирования бескруточной ровницы является возможность наматывания ее с помощью мотального механизма с фрикционным приводом катушки. Однако при таком способе наматывания возникает большая неравномерность натяжения, ко-*

*торая приводит к возникновению скрытой вытяжки в таком продукте, как бескруточная ровница, обладающая малой прочностью. Показано, как с помощью компенсатора натяжения снизить его неравномерность и исключить образование скрытой вытяжки в ровнице.*

*One of the advantages of the wet finch method of forming of an untwisted roving is the possibility of winding it using a winding mechanism with a frictional coil drive. However, with this method of winding a large unevenness of tension arises, which leads to the appearance of latent drawing in a product such as an untwisted roving, which has a low strength. It is shown how, with the help of a tension compensator, to reduce its unevenness and to exclude the formation of latent drawing in the roving.*

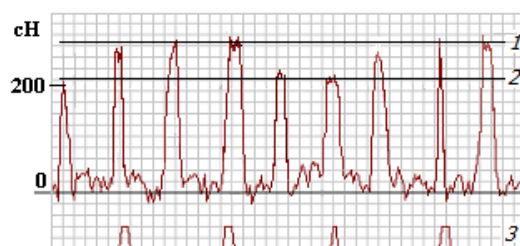
**Ключевые слова:** бескруточная ровница, неравномерность натяжения, скрытая вытяжка, прочность ровницы, компенсатор натяжения.

**Keywords:** untwisted roving, tension unevenness, hidden drawing, roving strength, tension compensator.

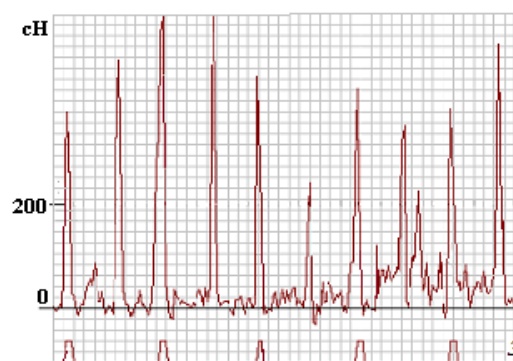
При традиционных технологиях для изготовления льняной ровницы в основном используются ровничные машины с подвесными рогульками, которые относятся к наиболее сложному и низко производительному оборудованию в технологической цепочке выработки текстильной пряжи. В связи с этим разработка и внедрение альтернативных скоростных методов формирования ровницы без крутки, связанных с созданием новых более простых и экономичных конструкций ровничных машин, является одной из актуальных задач отечественной текстильной промышленности. Анализ основных направлений и результатов исследований в данной области представлен, например, в [1].

Одним из таких перспективных методов выработки бескруточной ровницы является ее формирование мокрым способом, сущность которого и реализующие его технические решения отражены в [2...5]. Такая бескруточная ровница имеет специфическую структуру и пониженную прочность, которая объясняется отсутствием крутки [6], [7]. Намотка ровницы осуществляется при помощи механизма с фрикционным приводом катушки и механизмом раскладки с нитеводителем, совершающим возвратно-поступательное движение вдоль ее образующей. Получаемые при этом паковки имеют ряд характерных дефектов, описанных в

[8]. Некоторые из них связаны с особенностью такого механизма, которая заключается в периодическом изменении натяжения в веере раскладки, наматываемого продукта в зависимости от хода нитеводителя.



а)

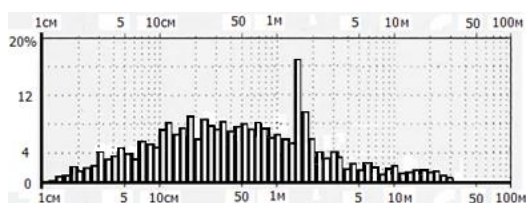


б)

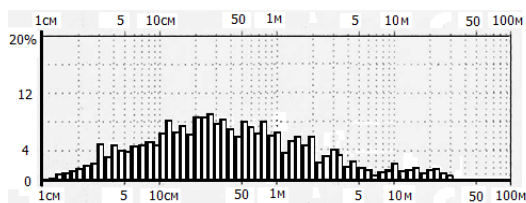
Рис. 1

На рис. 1 показаны экспериментальные диаграммы изменения натяжения при наматывании бескруточной ровницы (рис. 1-а) и классической крученой ровницы (рис. 1-б),

линейная плотность которых в обоих случаях составляла 500 текс [9]. Линия 3 на обеих диаграммах с пиками отмечает моменты нахождения нитеводителя в крайнем левом положении. Разница в натяжении объясняется тем, что прочность бескруточной ровницы находится в диапазоне 200...250 сН. Линия 1 на рис. 1-а показывает верхнее значение диапазона, линия 2 – нижнее. Так как деформация ровницы, вызванная движением нитеводителя, превосходит разрывную, то в эти моменты начинается сдвиг волокон, натяжение по достижении силы трения между волокнами больше не растет и остается практически постоянным до тех пор, пока деформация не уменьшится. В результате пики натяжения имеют плоскую вершину. При намотке крученой ровницы сдвига волокон не происходит, так как льняная ровница с линейной плотностью 500 текс имеет разрывную нагрузку 1100 сН, то есть на диаграмме, приведенной на рис. 1-б натяжение крученой ровницы нигде не достигает разрывной нагрузки и имеет существенно большее значение, чем при намотке бескруточной ровницы. Сдвиг волокон в бескруточной ровнице приводит к неконтролируемой вытяжке [10], которую можно обнаружить на спектре неровноты по линейной плотности, представленной на рис. 2-а.



а)



б)

Рис. 2

Схема мотального механизма бескруточной ровничной машины показана на рис. 3. Он принимает нить, выходящую из

выпускной пары 1 формирующего устройства. Привод бобины 2 осуществляется за счет фрикционного контакта с мотальным барабанчиком 3. Механизм, обеспечивающий прижим бобины к мотальному барабанчику, на рис. 3 не показан. Раскладка ровницы вдоль бобины осуществляется глазком нитеводителя (точка С), закрепленным на штанге раскладчика 4. При отсутствии компенсации натяжения в веере раскладки нить располагается по линии АСD, причем точки С и D перемещаются параллельно оси бобины. Наименьшая длина нити будет в момент нахождения точки С в положении  $C_0$ , а наибольшее – в положении  $C'$ . Поскольку скорость выпуска ровницы из выпускной пары в точке А остается постоянной, то происходит удлинение, которое сопровождается ростом натяжения, как это показано на рис. 1. Для устранения этого явления необходимо, чтобы длина траектории нити не зависела от положения нитеводителя. С этой целью в состав мотального механизма вводится пруток 5, закрепленный на рычаге 6, качающемся вокруг точки Е. Этот пруток отклоняет нить в точке В, в результате чего длина нити равна длине ломаной линии АВСD, постоянство которой можно обеспечить за счет поворота рычага 6 на угол  $\Delta\gamma$  по оправленному закону. Привод рычага 6 осуществляется через второе его плечо ЕF от кулачкового механизма, не показанного на рис. 3. Исходными данными для проектирования этого механизма являются длина плеча ЕF, его начальное положение и угол отклонения  $\Delta\gamma$  в функции перемещения глазка нитеводителя (точки С).

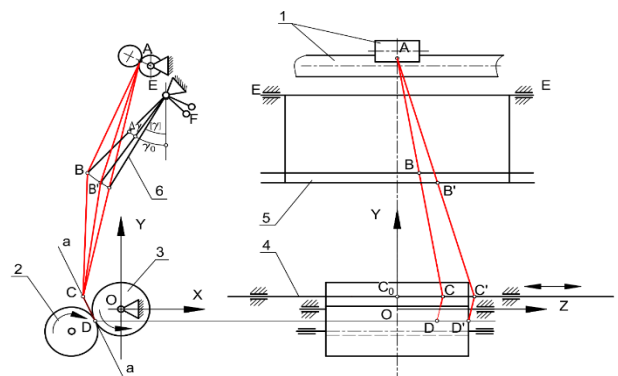


Рис. 3

Первые два параметра принимаются конструктивно, а для определения зависимости отклонения  $\Delta\gamma$  от перемещения глазка нитеводителя введем систему координат с началом в точке О. Координаты  $x_C$  и  $y_C$  в ней являются неизменными, а положение точки С определяется только ее аппликатой  $z_C$ .

Исходными данными для определения зависимости  $\Delta\gamma(z_C)$  являются координаты неподвижных точек на схеме мотального механизма:  $x_A, y_A, z_A=0, x_E, y_E, x_C, y_C, x_D, y_D, \ell_6$  – длина рычага  $\ell_6$ , половина хода нитеводителя  $L$ , угол подъема витка  $\beta$  и угол  $\gamma_0$ , характеризующий начальное положение прутка компенсатора 5.

Очевидно, что предельно допустимым значением угла  $[\gamma_0]$  является такое, при котором нить, выходящая из тянущей пары, располагается по прямой АС. Для его определения нужно найти координаты точки В' из системы уравнений:

$$\begin{cases} (x_{B'} - x_E)^2 + (y_{B'} - y_E)^2 = \ell_6^2, \\ \frac{y_{B'} - y_A}{y_{B'} - y_E} = \frac{x_{B'} - x_A}{x_{B'} - x_E}, \end{cases} \quad (1)$$

после чего предельно допустимое значение угла  $\gamma_0$  можно рассчитать по формуле:

$$[\gamma_0] = \arcsin \frac{x_E - x_{B'}}{\ell_6}. \quad (2)$$

$$AB = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2 + (z_A - z_B)^2}, \quad (6)$$

$$BC = \sqrt{(x_B - x_C)^2 + (y_B - y_C)^2 + (z_B - z_C)^2}. \quad (7)$$

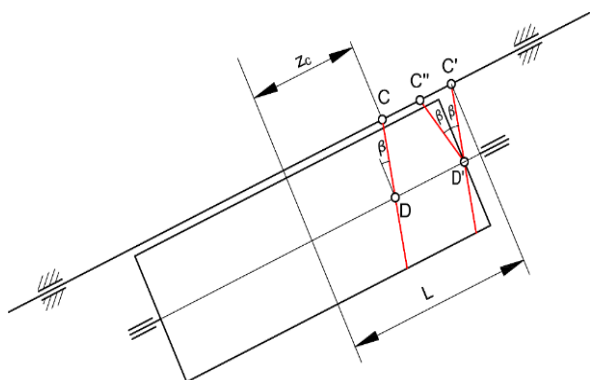


Рис. 4

В качестве крайнего положения прутка компенсатора принимается значение с некоторым запасом:

$$\gamma_0 = [\gamma_0] + 10^\circ. \quad (3)$$

Очевидно, что для обеспечения постоянного натяжения длина нити между выпуском и намоткой должна оставаться постоянной при любом положении глазка нитеводителя, то есть

$$AB + BC + CD = \text{const.} \quad (4)$$

Для нахождения длин соответствующих отрезков нити необходимо определить координаты точек В и D в зависимости от координаты точки С. Так как точка С перемещается вдоль прямой параллельной оси Z, то аргументом в последующих выражениях будет выступать  $z_C$ . Координаты точки В можно рассчитать с учетом выражений с (1) по (4), как:

$$\begin{aligned} x_B &= x_E - \ell_6 \sin(\gamma_0 + \Delta\gamma), \\ y_B &= y_E - \ell_6 \cos(\gamma_0 + \Delta\gamma), \\ z_B &= z_C \frac{y_B}{y_A}. \end{aligned} \quad (5)$$

В результате длина нити на участке ABC определится из выражений:

Для определения зависимости длины отрезка CD от положения нитеводителя рассмотрим сечение плоскостью, проходящей через линию aa перпендикулярно оси OZ (рис. 4). В этой плоскости происходит раскладка нити. При движении точки С вправо, вплоть до конечного положения (точка С'), точка D отстает от положения точки С, в результате чего нить укладывается в намотку с углом подъема витка  $\beta$ . Длину отрезка CD в этом случае можно определить из выражения:

$$CD = \frac{\sqrt{(x_C - x_D)^2 + (y_C - y_D)^2}}{\cos\beta}. \quad (8)$$

При движении нитеводителя в противоположную сторону от точки  $C'$  до точки  $C''$

где

$$C'C'' = 2\sqrt{(x_C - x_D)^2 + (y_C - y_D)^2} \operatorname{tg}\beta. \quad (10)$$

Аппликата точки  $D$  в ее крайнем поло-

положение точки  $D$  можно принять неизменным и совпадающим с точкой  $D'$ , то есть при

$$L \leq z_C \leq L - C'C'', \quad (9)$$

жении определяется выражением

$$z_{D'} = L - \sqrt{(x_C - x_D)^2 + (y_C - y_D)^2} \operatorname{tg}\beta, \quad (11)$$

а длину нити на участке  $CD$  можно рассчи-

тать по формуле

$$CD = \sqrt{(x_C - x_D)^2 + (y_C - y_D)^2 + (z_C - z_{D'})^2}. \quad (12)$$

Таким образом, выражения с (4) по (12) позволяют определить длину ломаной  $ABCD$  при любом положении нитеводителя  $z_C$ .

Определение зависимости  $\Delta\gamma(z_C)$  производится следующим образом.

На первом шаге определяется длина ломаной  $ABCD$  в случае, когда точка  $C$  находится в крайнем положении  $C'$ .

На втором шаге задается начальное положение нитеводителя в виде  $z_C=0$  и  $\Delta\gamma=0$ . По формулам (6), (7) и (8) рассчитывается длина ломаной  $ABCD$ . Она оказывается меньше рассчитанной для положения раскладчика в точке  $C'$ . Для обеспечения длины, равной длине в крайнем положении, производится пошаговое увеличение угла  $\Delta\gamma$  и пересчет длины ломаной  $ABCD$ . Полученное значение сравнивается со значением для крайнего положения нитеводителя. Процесс повторяется до тех пор, пока длина ломаной  $ABCD$  в рассматриваемом положении не станет равной длине в крайнем положении с заданной точностью. После чего  $z_C$  получает приращение и процесс повторяется снова до тех пор, пока точка  $C$  не достигнет положения  $C'$ , при котором  $z_C=L$ .

На следующем этапе моделируется движение нитеводителя в обратную сторону, то есть производится пошаговое уменьшение  $z_C$ . При этом на каждом шаге производится проверка условия (9). В случае его

выполнения расчет длины участка  $CD$  проводится по формулам (11), (12), в противном случае по формуле (8). Длина участков  $AB$  и  $BC$  в любом случае рассчитывается по формулам (6) и (7). Расчет заканчивается при достижении нитеводителем среднего положения, то есть при  $z_C=0$ . В результате будет получено табличное описание функции  $\Delta\gamma(z_C)$  для половины хода нитеводителя. Для второй половины функция может быть получена отражением относительно плоскости  $XOY$ . Угол поворота плеча рычага  $\delta$   $EF$  равен углу  $\Delta\gamma$  поворота рычага  $\delta$  и может использоваться для получения профиля кулака привода прутка  $\delta$  компенсатора натяжения. Расчет профиля кулачка осуществляется известными методами, один из которых изложен, например, в [11].

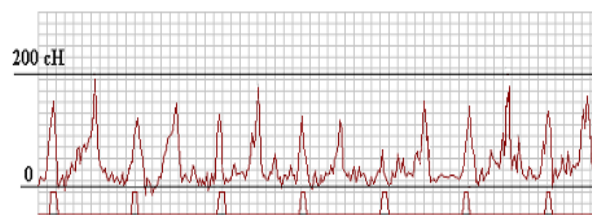


Рис. 5

Диаграмма натяжения ровницы с использованием компенсатора натяжения приведена на рис. 5. На ней видно снижение пиков натяжения по отношению к диаграмме рис. 1-а.

Следует отметить, что полное выравнивание натяжения при использовании компенсатора не происходит. Это связано с погрешностями в приводе компенсатора и тем, что при его проектировании не учитывалось отклонение траектории нити, вызванное силами трения между нитью и прутком компенсатора. Несмотря на то, что полного выравнивания натяжения не достигнуто, натяжение ровницы за цикл намотки не превышает разрывного. Поэтому не должно возникать неконтролируемой вытяжки, что подтверждается спектром неровноты ровницы, приведенным на рис. 2-б.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что неравномерность натяжения бескруточной ровницы при наматывании механизмом с фрикционным приводом паковки ведет к образованию скрытой вытяжки.

2. Предложена конструкция компенсатора натяжения в мотальном механизме бескруточной ровничной машины, и разработана методика расчета зависимости угла поворота прутка компенсатора от положения нитеводителя, использование которых позволяет существенно снизить неравномерность натяжения ровницы в зоне наматывания.

3. Экспериментально подтверждено, что предложенная конструкция компенсатора действительно приводит к снижению натяжения ровницы в зоне наматывания и исключению за счет этого образования скрытой вытяжки бескруточной ровницы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Палочкин С.В. Технология формирования и переработки некрученной обвитой льняной ровницы. – М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2002.

2. Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Егоров Д.Л. Способ формирования некрученной ровницы из льняного волокна. Патент на изобретение RU 2148113 C1, 27.04.2000. Заявка № 99116205/12 от 22.07.1999.

3. Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Соркин А.П. Ровница и способ ее получения. Патент на изобретение RU 2164567 C1, 27.03.2001. Заявка №2000107289/12 от 27.03.2000.

4. Палочкин С.В., Соркин А.П., Рудовский П.Н., Егоров Д.Л. Устройство формирования некрученной ровницы из льняного волокна. Патент на изобретение RU 2168569 C1, 10.06.2001. Заявка №2000112706/12 от 22.05.2000.

5. Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Соркин А.П., Смирнова С.Г. Устройство для формирования ровницы из льняного волокна. Патент на полезную модель RU 90444 U1, 10.01.2010. Заявка №2009135137/22 от 22.09.2009.

6. Рудовский П.Н., Смирнова С.Г. Математическая модель прочности мокрой бескруточной ровницы из льна. Депонир. рукопись № 82-B2010 17.02.2010. – 21 с.

7. Рудовский П.Н., Соркин А.П., Смирнова С.Г. Влияние условий формирования мокрой бескруточной ровницы на ее структуру и прочность // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 3. С. 34...38.

8. Денисов А.Р., Кирпина Л.Ю., Рудовский П.Н. Применение методов кластерного анализа для контроля качества паковок крестовой намотки. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2006, № 4С. С. 111...113.

9. Рудовский П.Н., Палочкин С.В. Изменение натяжения при намотке бескруточной ровницы // Сб. мат. Междунар. науч.-технич. конф.: Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020). Часть 2. – М.: РГУ имени А.Н. Косыгина, 2020. С. 292...295.

10. Палочкин С.В., Рудовский П.Н., Нуриев М.Н. Методы и средства контроля основных параметров текстильных паковок. – М.: МГТУ имени А.Н. Косыгина, 2006.

11. Рудовский П.Н., Палочкин С.В. Синтез кулачка механизма раскладки нити для бескруточной ровничной машины // Journal of Advanced Research in Technical Science. –2017, №4. С. 21...29.

## REFERENCES

1. Palochkin S.V. Tekhnologiya formirovaniya i pererabotki nekruchenoy obvitoy l'nyanoy rovnitsy. – М.: MG TU imeni A.N. Kosygina, 2002.

2. Palochkin S.V., Rudovskiy P.N., Egorov D.L. Sposob formirovaniya nekruchenoy rovnitsy iz l'nyanogo volokna. Patent na izobretenie RU 2148113 C1, 27.04.2000. Zayavka № 99116205/12 ot 22.07.1999.

3. Palochkin S.V., Rudovskiy P.N., Sorkin A.P. Rovnitsa i sposob ee polucheniya. Patent na izobretenie RU 2164567 C1, 27.03.2001. Zayavka №2000107289/12 ot 27.03.2000.

4. Palochkin S.V., Sorkin A.P., Rudovskiy P.N., Egorov D.L. Ustroystvo formirovaniya nekruchenoy rovnitsy iz l'nyanogo volokna. Patent na izobretenie RU 2168569 C1, 10.06.2001. Zayavka №2000112706/12 ot 22.05.2000.

5. Palochkin S.V., Rudovskiy P.N., Sorkin A.P., Smirnova S.G. Ustroystvo dlya formirovaniya rovnitsy iz l'nyanogo volokna. Patent na poleznuyu model' RU

90444 U1, 10.01.2010. Zayavka №2009135137/22 ot 22.09.2009.

6. Rudovskiy P.N., Smirnova S.G. Matema-ticheskaya model' prochnosti mokroy beskrutochnoy rovnitsy iz l'na. Deponir. rukopis' № 82-V2010 17.02.2010. – 21 s.

7. Rudovskiy P.N., Sorkin A.P., Smirnova S.G. Vliyanie usloviy formirovaniya mokroy beskrutochnoy rovnitsy na ee strukturu i prochnost' // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2011, № 3. S. 34...38.

8. Denisov A.R., Kiprina L.Yu., Rudovskiy P.N. Primenenie metodov klasternogo analiza dlya kontrolya kachestva pakovok krestovoy namotki. // Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti. – 2006, № 4S. S. 111...113.

9. Rudovskiy P.N., Palochkin S.V. Izmenenie natyazheniya pri namotke beskrutochnoy rovnitsy// Sb.

mat. Mezhdunar. nauch.-tekhnich. konf.: Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i legkoy promyshlennosti (INNOVATsII-2020). Chast' 2. – M.: RGU imeni A.N. Kosygina, 2020. S. 292...295.

10. Palochkin S.V., Rudovskiy P.N., Nuriev M.N. Metody i sredstva kontrolya osnovnykh parametrov tekstil'nykh pakovok. – M.: MGTU imeni A.N. Kosygina, 2006.

11. Rudovskiy P.N., Palochkin S.V. Sintez kulachka mekhanizma raskladki niti dlya beskrutochnoy rovnichnoy mashiny // Journal of Advanced Research in Technical Science. –2017, №4. S. 21...29.

Рекомендована кафедрой ТММ, ДМ и ПТМ КГУ. Поступила 24.09.20.

---