

УДК 677.017.7

**РАСЧЕТ РЕСУРСА НИТЕЙ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ
В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОГО ЗАКОНА НАГРУЖЕНИЯ В ТКАЧЕСТВЕ**

**THE CALCULATION OF THE RESOURCE THREADS SPECIAL PURPOSE
IN THE REAL REGULARITY OF LOADING IN THE WEAVING**

П.Е. САФОНОВ, С.С. ЮХИН
P.E. SAFONOV, S.S. YUKHIN

**(ООО "ТЕКС-ЦЕНТР",
Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))
(TEKS-CENTRE Ltd,
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))**
E-mail: info@teks-centre.ru, office@msta.ac.ru

В статье представлены результаты оценки ресурса нитей специального назначения, в том числе высокопрочных и высокомодульных параарамидных нитей, в условиях реального закона нагружения на ткацком станке. Произведены расчеты функции повреждаемости нитей основы при формировании

тканей различных структур на челночных и бесчелночных станках с различными параметрами конструктивно-заправочной линии.

The paper presents the results of the calculation of the resource threads for special purposes, including high-strength and highmodulus paraaramid yarns, in the real regularity of loading on the loom. The performed calculations of the function of damage to the warp threads during the formation of the fabrics of various structures for the shuttle and shuttleless looms with different parameters structural line.

Ключевые слова: повреждаемость нитей, закон нагружения на станке, циклические нагружения, критерий прочности.

Keywords: damageability of threads, regularity of loading the loom, cyclic loading, damageability factor.

Вопросу оценки перерабатывающей способности нитей в ткацком производстве уделялось особое внимание в работах проф. В.П. Щербакова [1], [2], проф. С.Д. Николаева [3], [4] и проф. С.С. Юхина [5]. Авторами предложено для оценки ресурса нити в процессе ткачества производить расчет одного из критериев или коэффициентов повреждаемости.

Однако в связи с появлением новых видов нитей, применяемых в первую очередь для изготовления тканей технического и специального назначения, которые используются в самых ответственных изделиях и конструкциях, возникает необходимость в оценке их перерабатывающей способности по переходам ткацкого производства с учетом реальных условий нагружения, что позволит разработать рекомендации по сохранению свойств нитей.

В [6] сделана попытка оценить уровень повреждаемости основной пряжи 60 текс из вторичных арамидных волокон при выработке тканей различных переплетений на станке системы СТБ. При расчете повреждаемости, проведенном в соответствии с критерием В.В. Москвитина при постоянном уровне напряжения, получены значения коэффициента повреждаемости равные 0,8...0,87, это, по мнению автора, свидетельствует о том, что условия переработки основной арамидной пряжи на ткацком станке будут крайне напряженными.

Однако в [6] имеется одно существенное противоречие. Автором для расчета повре-

ждаемости используются величины натяжения нитей основы 510...589 сН/нить, тогда как из другой работы автора [7] известно, что реальное натяжение на ткацком станке при переработке арамидной пряжи достигает в самом худшем случае (при зевобразовании) 198 сН/нить. Очевидно, что из-за некорректно использованных величин натяжения нитей основы автор вполне мог получить завышенные значения повреждаемости.

В [8] при изготовлении огнезащитных тканей сделана оценка повреждаемости основных арамидных нитей различных линейных плотностей, установлено, что значения повреждаемости находятся в пределах 0,451...0,659, что свидетельствует о принципиальной возможности переработки данных нитей, но в то же время условия выработки арамидных тканей будут достаточно напряженными. В работе не приводятся сведения о реальном законе нагружения нитей. Для расчета повреждаемости используется только величина натяжения при приборе, принятая за наибольшее натяжение за цикл тканеформирования, но это не всегда справедливо, так как натяжение при зевобразовании может превышать натяжение при приборе, продолжительность которого крайне мала в сравнении с зевобразованием.

Очевидно, что предпринятые попытки оценить повреждаемость или ресурс нити в ткачестве не учитывали реальный закон нагружения нити на станке. Поэтому необходимо изложить принципы расчета крите-

рия повреждаемости нити с учетом особенностей ее нагружения.

На рис. 1 представлен идеализированный закон изменения напряжения нити основы за один цикл тканеформирования. Здесь приняты следующие обозначения: σ_1 , σ_2 и σ_3 – напряжение при заступе, выстое ремизки и прибое соответственно; Π_p , Π_z и t_{zv} – время прибоа, время поднятия/опускания ремизки и время выстоя ремизки соответственно. Закон нагружения нити основы за один оборот главного вала содержит трапецевидный цикл нагружения – при зевобразовании и цикл пилообразной формы – при прибое.

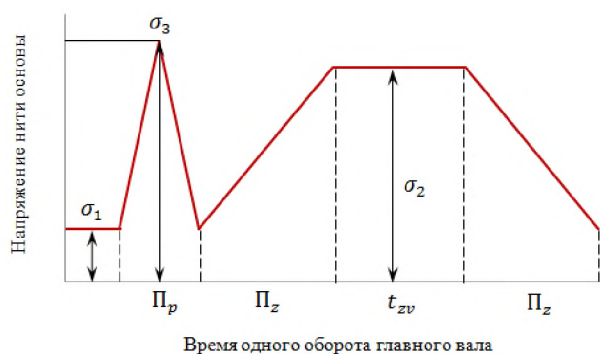


Рис. 1

Представленный идеализированный закон нагружения основы справедлив лишь для тканей полотняного переплетения с малым наполнением волокнистым материалом и при условии, что на станке натяжение в ветвях зева одинаково и отсутствует перемещение ламелей в вертикальной плоскости. Тогда как на практике при выработке тканей технического назначения имеет место разнонатянность ветвей зева. Также на практике необходимо учитывать особенности работы (закрытый, открытый или полуоткрытый зев) и тип зевобразовательного механизма (кулачковый механизм, каретка или жаккардовая машина).

Таким образом, цель данного исследования состояла в оценке ресурса нитей основы при выработке технических тканей различных переплетений на станках различной конструкции. На рис. 2 представ-

лены экспериментальные кривые нагружения арамидной нити 29,4 текс за период формирования раппорта ткани, кривые записаны с применением современного тензометрического оборудования при формировании тканей с одинаковым наполнением, но различным видом переплетения (полотняное, сатиновое и саржевое) на станках различной конструкции.



Рис. 2

Для оценки ресурса основных нитей предложено произвести расчет функции повреждаемости. Выражение для функции повреждаемости, учитывающее трапецевидное и пилообразное нагружение нити основы на станке, было получено в работе проф. В.П. Щербакова [1] с учетом нелинейного принципа суммирования повреждений, разработанного В.В. Москвитиным [9].

При нелинейном суммировании повреждений функция повреждаемости $\omega(t)$ после N циклов нагружения не может быть представлена как произведение повреждаемости за один цикл на N циклов, в отличие от линейного принципа суммирования в интеграле Бейли. В.В. Москвитиным было получено соотношение нелинейной вязкоупругости, учитывающее предысторию нагружения (степень накопленных повреждений) материала.

Итак, приведем выражение для функции повреждаемости нити основы, полученное проф. В.П. Щербаковым на основе предположений В.В. Москвитина:

$$\omega(t) = \frac{1}{b^b} \left[\frac{2f(N)}{1+\frac{1}{b}} \left[(\sigma_2 - \sigma_1) \Pi_z^{\frac{1}{b}} + (\sigma_3 - \sigma_1) \Pi_p^{\frac{1}{b}} \right] + \sigma_1 (t_\Sigma - N t_{zv})^{\frac{1}{b}} + \sigma_2 N^{\frac{1}{b}} t_{zv}^{\frac{1}{b}} \right], \quad (1)$$

$$\text{где } f(N) = \left[1 - \frac{1}{2^{\frac{1}{b}}} + \frac{2N^{2+\frac{1}{b}} + (N+1)^{2+\frac{1}{b}} - 2 - 2^{2+\frac{1}{b}} + \frac{2}{2^{2+\frac{1}{b}}}}{2(2+\frac{1}{b})} + \frac{-2(N-0,5)^{2+\frac{1}{b}} + 2(1,5)^{2+\frac{1}{b}} - 2(N+0,5)^{2+\frac{1}{b}} + (N-1)^{2+\frac{1}{b}}}{2(2+\frac{1}{b})} \right]. \quad (2)$$

При выводе выражений (1)...(2) предполагается, что закон долговечности нити имеет вид степенной зависимости:

$$t_* = V\sigma_0^{-b}, \quad (3)$$

где t_* – время до разрушения, с; σ_0 – приложенное напряжение, кгс/мм²; V и b – параметры материала нити.

Тогда для численного расчета функции повреждаемости нити основы в процессе ткачества необходимо воспользоваться реальным законом ее нагружения на станке и для этого определить значения $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$ и Π_p, Π_z, t_{zv} из экспериментальных осциллограмм натяжения, также необходимо знать параметры долговечности материала нити

V и b , общее время нагружения нити t_Σ при движении от навоя до опушки ткани и число циклов нагружения N .

Вопросу определения параметров V и b степенного закона долговечности нити посвящено отдельное исследование. Для нити Руслан 29,4 текс из опытов с постоянной скоростью нагружения $\dot{\sigma}(t) = \text{const}$ имеем $V=9,61 \cdot 10^{160}$ и $b=61,32$. В табл. 1 представлены параметры закона нагружения арамидных нитей Руслан 29,4 текс на станках различной конструкции при формировании тканей различных структур, а в табл. 2 представлены результаты расчета функции повреждаемости за все время движения основы от точки схода с навоя до зоны формирования ткани $\omega(t)$, функции повреждаемости основы в течение подъема, выстоя и опускания ремизки $\omega_{zv}(t)$, функции повреждаемости в течение времени прибоа $\omega_p(t)$.

Таблица 1

Переплетение ткани	Тип ткацкого станка	Значения напряжений, кгс/мм ²			Продолжительность воздействий, с			
		σ_1	σ_2	σ_3	Π_p	Π_z	t_{zv}	t_Σ
Плотняное	Dornier	0,96	4,17	3,47	0,0111	0,0306	0,0694	507
Плотняное	Dornier	1,26	5,73	9,56	0,0120	0,0308	0,0744	706
Плотняное	Челночный	0,91	5,73	5,88	0,0464	0,0429	0,2179	985
Сатин 8/3	СТБ-180	1,16	24,14	11,06	0,0398	0,0455	0,1364	1304
Сатин 8/3	Челночный	1,31	3,64	2,56	0,0346	0,0538	0,1154	899
Атлас 8/3	Челночный	0,35	4,33	4,63	0,0492	0,0507	2,8732	888
Саржа 3/3	Dornier	1,07	5,05	5,00	0,0152	0,0424	0,5333	959
Саржа 3/3	СТБ2-220ШЛ	1,66	7,64	8,45	0,0268	0,0597	0,5970	1304
Саржа 3/3	Челночный	0,20	1,39	2,49	0,0500	0,0857	1,2285	1542

Таблица 2

Переплетение ткани	Тип ткацкого станка	Результаты расчета повреждаемости		
		$\omega_{zv}(t)$	$\omega_p(t)$	$\omega(t)$
Плотняное	Dornier	0,0139	0,0029	0,0145
Плотняное	Dornier	0,0191	0,0049	0,0209
Плотняное	Челночный	0,0183	0,0033	0,0194
Сатин 8/3	СТБ-180	0,0681	0,0051	0,0704
Сатин 8/3	Челночный	0,0128	0,0036	0,0132
Атлас 8/3	Челночный	0,0130	0,0018	0,0139
Саржа 3/3	Dornier	0,0166	0,0035	0,0175
Саржа 3/3	СТБ2-220ШЛ	0,0253	0,0057	0,0269
Саржа 3/3	Челночный	0,0044	0,0010	0,0049

При анализе данных табл. 2 установлено, что при переработке в ткачестве арамидных нитей основы будет исчерпана лишь незначительная часть их ресурса. При

этом наиболее высокий уровень повреждаемости наблюдается на станках СТБ и на рапирном станке Dornier при выработке ткани плотняного переплетения.

Также установлено, что повреждаемость основы вследствие прибоа гораздо меньше повреждаемости, вызванной зевобразованием, это связано с тем, что продолжительность процесса зевобразования выше продолжительности прибоа, а также с тем, что в некоторых случаях напряжение при зевобразовании превышает напряжение при прибое $\sigma_2 > \sigma_3$.

Отметим, что полученные значения функции повреждаемости 0,0049...0,0704 в разы отличаются от значений повреждаемости арамидных нитей и пряжи из работ [6], [8]. Подобный результат объясняется прежде всего тем, что авторы статей использовали завышенные значения натяжения нитей и не располагали данными о реальном законе нагружения основы на станке.

В связи с полученными результатами представляет интерес оценка уровня повреждаемости для нитей различной природы при одном и том же законе нагружения. Рассмотрим арамидную нить Руслан 29,4 текс, нить Аримид 29,4 текс, углеродную нить 30 текс, полиамидную нить 5 текс, ме-

таарамидную одиночную пряжу 16,7 текс и хлопчатобумажную пряжу 24 текс. Выберем следующие параметры закона нагружения: полотняное переплетение, $P_y=26,5$ нитей/см, скорость станка 332 об/мин, натяжение при заступе 25 сН, натяжение при зевобразовании 90 сН, натяжение при прибое 120 сН, $P_p=0,012$ с, $P_z=0,0308$ с, $t_{zv}=0,0744$ с.

В табл. 3 представлены результаты расчета повреждаемости, параметры долговечности рассмотренных нитей представлены в отдельной статье. Из данных табл. 3 следует, что при выбранных параметрах закона нагружения наиболее напряженные условия формирования ткани будут наблюдаться при переработке полиамидных нитей 5 текс, а также одиночной метаарамидной пряжи 16,7 текс. Для создания более благоприятных условий переработки полиамидных нитей 5 текс натяжение при заступе необходимо снизить до 15 сН, при прибое до 50 сН, а при зевобразовании до 40 сН, тогда функция повреждаемости будет равна $\omega(t) = 0,2874$.

Таблица 3

Наименование нити	Линейная плотность, текс	Результаты расчета повреждаемости		
		$\omega_{zv}(t)$	$\omega_p(t)$	$\omega(t)$
Руслан	29,4	0,0157	0,0042	0,0168
Аримид	29,4	0,0851	0,0270	0,0974
Углерод	30	0,1297	0,0455	0,1562
Полиамид	5	0,5437	0,1772	0,6299
Метаарамидная пряжа	16,7	0,3940	0,1382	0,4746
Хлопчатобумажная пряжа	24	0,1670	0,0522	0,1899

Таким образом, можно сделать вывод о том, что повреждаемость арамидных нитей по сравнению с нитями сопоставимой линейной плотности, но другой природы, ничтожно мала. Однако это не означает, что при переработке арамидных комплексных нитей отсутствует обрывность или, что данные нити не снижают свои показатели свойств. А значит, что для достоверной оценки перерабатывающей способности и ресурса нитей в ткачестве недостаточно использования какого-либо из критериев прочности, необходимо учитывать весь комплекс технологических свойств нити, в

особенности свойства нити при истирании, что позволит выбрать рациональные технологические параметры для переходов ткацкого производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Щербаков В.П., Скуланова Н.С. Основы теории деформирования и прочности текстильных материалов. – М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2008.
2. Щербаков В.П., Болотный А.П., Цыганов И.Б., Щербакова Т.И. Вычисление критериев длительной прочности при нагружении нити основы на ткацком станке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2011, № 6. С. 129...135.

3. Николаев С.Д. Прогнозирование технологических параметров изготовления тканей заданного строения и разработка методов их расчета: Дис.... докт. техн. наук. – М.: МТИ, 1988.

4. Николаев С.Д., Мартынова А.А., Юхин С.С., Власова Н.А. Методы и средства исследования технологических процессов в ткачестве. – М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2003.

5. Юхин С.С. Прогнозирование и разработка технологии изготовления высокоплотных тканей на бесчелночных ткацких станках: Дис.... докт. техн. наук. – М.: МГТА, 1996.

6. Слугин Алексей И. Оценка напряженности заправки тканей из арамидной пряжи на ткацком станке // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, № 2С. С. 70...72.

7. Слугин Алексей И., Слугин Андрей И. Исследование влияния вида переплетения ткани на натяжение нитей основы в процессе изготовления арамидных тканей из пряжи, полученной из вторичных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 3. С. 31...32.

8. Егоров Н.В., Щербakov В.П. Исследования свойств нитей Русар для изготовления технических тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2010, № 6. С. 26...28.

9. Москвитин В.В. Сопrotивление вязко-упругих материалов (применительно к зарядам ракетных двигателей на твердом топливе). – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1972.

REFERENCES

1. Sherbakov V.P., Skulanova N.S. Osnovy teorii deformirovaniya i prochnosti tekstilnyh materialov. – М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2008.

2. Sherbakov V.P., Bolotnyj A.P., Cyganov I.B., Sherbakova T.I. Vychislenie kriteriev dlitelnoj

prochnosti pri nagruzhении niti osnovy na tkackom stanke // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti. – 2011, № 6. S. 129...135.

3. Nikolaev S.D. Prognozirovanie tehnologicheskikh parametrov izgotovleniya tkanej zadannogo stroeniya i razrabotka metodov ih rascheta: Dis.... dokt. tehn. nauk. – М.: МТИ, 1988.

4. Nikolaev S.D., Martynova A.A., Yuhin S.S., Vlasova N.A. Metody i sredstva issledovaniya tehnologicheskikh processov v tkachestve. – М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2003.

5. Yuhin S.S. Prognozirovanie i razrabotka tehnologii izgotovleniya vysokoplotnyh tkanej na beschelnochnykh tkackih stankah: Dis.... dokt. tehn. nauk. – М.: МГТА, 1996.

6. Slugin Aleksej I. Ocenka napryazhennosti zapravki tkanej iz aramidnoj pryazhi na tkackom stanke // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti. – 2008, № 2S. S. 70...72.

7. Slugin Aleksej I., Slugin Andrej I. Issledovanie vliyaniya vida perepleteniya tkani na natyazhenie nitej osnovy v processe izgotovleniya aramidnyh tkanej iz pryazhi, poluchennoj iz vtovichnyh materialov // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti. – 2010, № 3. S. 31...32.

8. Egorov N.V., Sherbakov V.P. Issledovaniya svojstv nitej Rusar dlya izgotovleniya tehniceskikh tkanej // Izv. vuzov. Tehnologiya tekstilnoj promyshlennosti. – 2010, № 6. S. 26...28.

9. Moskvitin V.V. Soprotivlenie vyazko-uprugih materialov (применительно к зарядам ракетных двигателей на твердом топливе). – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1972.

Рекомендована кафедрой проектирования и художественного оформления текстильных изделий РГУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 30.09.17.