

## РАСЧЕТ ОБРЫВНОСТИ НИТЕЙ ОСНОВЫ И УТКА НА ТКАЦКОМ СТАНКЕ

Н.А.ИНОЗЕМЦЕВА, С.Д.НИКОЛАЕВ

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

E-mail: nsd@msta.ac.ru

*Предложен метод расчета обрывности основы и утка на ткацком станке по заданным свойствам: по заданным выносливости нитей к многократному растяжению и стойкости нитей к истиранию – для основы, по полуцикловым характеристикам – для утка. Для исследуемых свойств определены законы распределения вероятностей.*

*The method of calculation of warp and weft breakages on a loom with the set properties is offered: with the inputs of the threads hardness to the repeated stretching and threads firmness to abrasion – for a warp, under semicyclic characteristics – for a weft. For the probed properties the laws of distribution of probabilities are defined.*

**Ключевые слова:** обрывность, основа, уток, разрывная нагрузка, разрывное удлинение, устойчивость к истиранию, выносливость к многократному растяжению, распределение вероятностей, нормальный закон.

Обрывность нитей в ткачестве может служить одним из важных показателей уровня технологии и организации производства. Большая обрывность основных и уточных нитей ухудшает качество продукции и снижает производительность труда.

Знание закона распределения обрывности необходимо для разработки рациональной методики ее контроля, основанной на положениях теории вероятностей и математической статистики.

Для разработки научно обоснованного метода контроля за обрывностью необходимо выбрать оптимальный закон распределения обрывности, который позволит определить границы между случайными и систематическими отклонениями. Это поможет перейти от пассивной констатации обрывности к активному управлению технологическим процессом.

Было проведено исследование законов распределения вероятностей обрывов нитей на ткацком станке и основных свойств нитей.

Установлено, что обрывность основных и уточных нитей подчиняется нормальному закону распределения при наблюдении за ней более 4 часов.

Среднее значение обрывности основных нитей равно:

$$m = 0,175 \text{ обр/м ткани.}$$

Среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = 0,027 \text{ обр/м ткани.}$$

Коэффициент К равен:

$$K = 100/1.3511 = 74,014.$$

Среднее значение обрывности уточных нитей:

$$m = 0,0925 \text{ обр/м ткани.}$$

Среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = 0,016 \text{ обр/м ткани.}$$

Проверим соответствие эмпирического распределения разрывной нагрузки (табл. 1) и разрывного удлинения (табл. 2)точных нитей нормальному закону с использованием критерия Пирсона. Результаты расчетов приведены в табл. 1 и 2 со-

ответственно. Полуцикловые характеристики определены при скоростях деформирования, соизмеримых со скоростью прокладывания утка на ткацком станке (около 1000 мм/мин).

Таблица 1

Границы классов величин $U_i$	Число случаев $\omega_i$	Условное отклонение $z$	$\omega_i z$	$\omega_i z^2$	$m_i$	$\frac{m_i - m}{\sigma}$	$Y$	$\omega$	$\frac{\omega - \omega_i}{\omega}$	
860-899	0	+6	0	0	580	4,15	0	0,01	} 3,82	} 0,36
820-859	0	+5	0	0	540	3,46	0,0010	0,07		
780-719	0	+4	0	0	500	2,77	0,0086	0,59		
740-779	5	+3	15	45	460	2,08	0,0459	3,16		
700-739	9	+2	18	36	420	1,39	0,1518	10,47		0,21
660-699	21	+1	21	21	380	0,70	0,3123	21,55		0,01
620-659	30	0	0	0	340	0,01	0,3989	27,53		0,22
580-619	19	-1	-19	19	300	0,68	0,3166	21,85		0,37
540-579	11	-2	-22	44	260	1,37	0,1561	10,77		0
500-539	5	-3	-15	45	220	2,06	0,0694	3,30	} 4	} 0,25
460-499	0	-4	0	0	180	2,75	0,0047	0,62		
420-459	0	-5	0	0	140	3,44	0,0091	0,08		
380-419	0	-6	0	0	100	4,13	0,0011	0		
$\Sigma$	100		-2	210			1,4492	100		1,43

Таблица 2

Границы классов величин $U_i$	Число случаев $\omega_i$	Условное отклонение $z$	$\omega_i z$	$\omega_i z^2$	$m_i$	$\frac{m_i - m}{\sigma}$	$Y$	$\omega$	$\frac{\omega - \omega_i}{\omega}$	
9,5-10,19	0	+6	0	0	9,85	4,36	0	0	} 3,23	} 2,37
8,80-9,49	0	+5	0	0	9,15	3,63	0,0005	0,04		
8,10-8,79	0	+4	0	0	8,45	2,90	0,0060	0,43		
7,40-8,09	6	+3	18	54	7,75	2,17	0,0379	2,76		
6,70-7,39	8	+2	16	32	7,05	1,44	0,1415	10,29		0,51
6,00-6,69	17	+1	17	17	6,35	0,72	0,3101	22,55		1,37
5,30-5,99	35	0	0	0	5,65	0,01	0,3989	29,00		1,24
4,60-5,29	22	-1	-22	22	4,95	0,74	0,3034	22,06		0
3,90-4,59	9	-2	-18	36	4,25	1,47	0,1354	9,85		0,07
3,20-3,89	3	-3	-9	27	3,55	2,20	0,0355	2,58	} 3,02	} 0
2,50-3,19	0	-4	0	0	2,85	2,93	0,0055	0,40		
1,80-2,49	0	-5	0	0	2,15	3,66	0,0005	0,04		
1,10-1,79	0	-6	0	0	1,45	4,39	0	0		
$\Sigma$	100		2	188			1,3752	100		5,57

Среднее значение разрывной нагрузкиточных нитей равно:

$$m = 640 - 40 \cdot 2/100 = 639,2.$$

Среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = 40 [210/100 + (2/100)^2]^{0,5} = 57,96.$$

Так как табличный критерий Пирсона равен 9,5, то гипотеза о соответствии нормальному закону распределения обрывности, разрывных нагрузок и удлинений основных иточных нитей не опровергается. Также не опровергается гипотеза о соответствии логарифмически нормальному распределению выносливости нитей к

многократному растяжению и стойкости нитей к истиранию.

Известно, что на обрывность нитей на ткацком станке влияют показатели физико-механических свойств нитей. Часто на практике худшие полуцикловые показатели, а они указаны в ГОСТах и в ТУ, обеспечивают меньшую обрывность в ткачестве.

Среднее значение разрывного удлинения уточных нитей равно:

$$m = 5,65 + 0,70 \cdot 2/100 = 5,66.$$

Среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = 0,70 [188/100 + (2/100)^2]^{0,5} = 0,96.$$

Проверим соответствие эмпирического распределения выносливости к многократному растяжению (табл. 3) и стойкости к истиранию основных нитей (табл. 4) логарифмически нормальному закону с использованием критерия Пирсона. Результаты расчетов приведены в табл. 3 и 4 соответственно.

Таблица 3

Границы классов величин $U_i$	Число случаев $\omega_i$	Условное отклонение $z$	$\omega_i z$	$\omega_i z^2$	$m_i$	$\frac{m_i - m}{\sigma}$	$Y$	$\omega$	$\frac{\omega_i - \omega}{\omega}$	
5,70-5,89	0	+6	0	0	5,8	4,03	0	0,11 0,77 3,74	4,62	0,03
5,50-5,69	0	+5	0	0	5,6	3,35	0,0015			
5,30-5,49	1	+4	4	0	5,4	2,67	0,0113			
5,10-5,29	4	+3	12	36	5,2	1,99	0,0551			
4,90-5,09	11	+2	22	44	5,0	1,31	0,1699	11,32	0,01	
4,70-4,89	20	+1	20	20	4,8	0,66	0,3252	22,07	0,19	
4,50-4,69	31	0	0	0	4,6	0,04	0,3986	27,06	0,57	
4,30-4,49	19	-1	-19	19	4,4	0,72	0,3079	20,90	0,17	
4,10-4,29	10	-2	-20	40	4,2	1,40	0,1497	10,16	0	
3,90-4,09	3	-3	-9	27	4,0	2,07	0,0468	3,18 0,62 0,07 0	3,87	0
3,70-3,89	1	-4	-4	16	3,8	2,75	0,0091			
3,50-3,69	0	-5	0	0	3,6	3,43	0,0011			
3,30-3,49	0	-6	0	0	3,4	4,11	0			
$\Sigma$	100		6	218			1,4731	100	0,99	

Таблица 4

Границы классов величин $U_i$	Число случаев $\omega_i$	Условное отклонение $z$	$\omega_i z$	$\omega_i z^2$	$m_i$	$\frac{m_i - m}{\sigma}$	$Y$	$\omega$	$\frac{\omega_i - \omega}{\omega}$	
3,32-3,38	0	+6	0	0	3,355	3,72	0,0004	0,02 0,20 1,14 4,37	5,73	0,01
3,25-3,31	0	+5	5	0	3,285	3,13	0,0033			
3,18-3,24	0	+4	0	0	3,215	2,48	0,0184			
3,11-3,17	5	+3	15	45	3,145	1,86	0,0707			
3,04-3,10	12	+2	24	48	3,075	1,20	0,1849	11,43	0,03	
2,97-3,03	18	+1	18	18	3,005	0,63	0,3271	20,21	0,24	
2,90-2,96	28	0	0	0	2,935	0,06	0,3982	24,61	0,47	
2,83-2,89	17	-1	-17	17	2,865	0,61	0,3332	20,59	0,63	
2,76-2,82	14	-2	-28	56	2,795	1,23	0,1872	11,57	0,51	
2,69-2,75	4	-3	-12	36	2,725	1,85	0,0721	4,46 1,17 0,21 0,02	5,86	0,13
2,62-2,68	0	-4	-0	0	2,655	2,47	0,0189			
2,55-2,61	1	-5	-5	25	2,585	3,09	0,0034			
2,48-2,54	0	-6	0	0	2,515	3,71	0,0004			
$\Sigma$	100		-1	261			1,6182	100	2,01	

Расчет выполнен аналогично расчету нормального закона распределения, только вместо абсолютных значений величин подставляются значения десятичных логарифмов этих величин.

Среднее значение равно выносливости основных нитей к многократному растяжению:

$$m = 4,60 + 0,20 \cdot 6/100 = 4,61.$$

Среднее квадратическое отклонение:

$$\sigma = 0,2 [218/100 + (6/100)^2]^{0,5} = 0,295.$$

Среднее значение стойкости основных нитей к истиранию равно:

$$m = 2,935 - 0,07 / 100 = 2,934.$$

Среднее квадратическое отклонение  $\sigma$ :

$$\sigma = 0,07 [261/100 + (1/100)^2]^{0,5} = 0,113.$$

При обработке результатов эксперимента учитывают соотношение между интегральной функцией нормального распределения  $F(x)$  и функцией нормированного центрального нормального распределения  $F_0$ :

$$F(x) = F_0 \frac{x - \bar{x}}{\sigma_x},$$

где  $x$  – фактическое значение параметра на ткацком станке для нормального распределения или его логарифм для логарифмически нормального распределения;  $\sigma_x$  – среднее квадратическое отклонение параметра для нормального распределения или среднее квадратическое отклонение логарифмов параметра для логарифмически нормального распределения.

Значения  $F_x$  можно взять из табл. 5.

Т а б л и ц а 5

$x - \bar{x}$	$F_x$	$x - \bar{x}$	$F_x$	$x - \bar{x}$	$F_x$
3,5	0,9 <sup>3</sup> 767	3,9	0,9 <sup>4</sup> 519	7,0	0,9 <sup>12</sup> .850
3,6	0,9 <sup>3</sup> 841	4,0	0,9 <sup>4</sup> 683	8,0	0,9 <sup>15</sup> .950
3,7	0,9 <sup>3</sup> 892	5,0	0,9 <sup>6</sup> 713	9,0	0,9 <sup>18</sup> .900
3,8	0,9 <sup>3</sup> 276	6,0	0,9 <sup>8</sup> 900	10,0	0,9 <sup>23</sup> .460

Рассмотрим возможность прогнозирования обрывности основных нитей по выносливости нитей на многократное растяжение и стойкости к истиранию. Ранее было сказано о том, что эти характеристики подчиняются логарифмически нор-

мальному закону распределения и поэтому все расчеты по формулам теории надежности необходимо вести не по абсолютным величинам, а по их логарифмам.

Количество циклов многократного растяжения на ткацком станке:

$$N = 1500 \cdot 1,80 / (1 + 0,06) = 2862; \lg N = 3,457,$$

где уработка основы равна 6%; плотность ткани по утку – 180 нит/дм; длина основы, подвергающаяся растяжению на станке – 1,5 м; количество нитей основы в заправке – 3520;

$$(x - N) / \sigma_x = (3,457 - 4,610) / 0,295 = -3,908.$$

По табл. 5 находим:

$$F(x) = 0,9999530; 1 - F(x) = 0,0000470;$$

$$F(r_1) = 0,0000470 \cdot 3520 = 0,165, \\ r_1 = 0,165 / 1,5 = 0,11 \text{ обр/м.}$$

Итак, расчет обрывности основы по многоцикловым нагрузкам на растяжение дает значения, соизмеримые с действительной обрывностью нитей на ткацком станке.

Рассмотрим расчет обрывности основы по показателю – стойкости ткани к истиранию.

В качестве примера рассчитаем обрывность для ткани арт.142.

Количество циклов многократного истирания на ткацком станке:

$$N=150 \cdot 1,80 / (1+0,06) = 286,2;$$
$$\lg N = -2,456,$$

где уработка основы равна 6%; плотность ткани по утку – 180 нит/дм; длина основы, подвергаемая истиранию на станке, – 15 см; количество нитей основы в заправке – 3520;

$$(x-N)/\sigma_x = (2,456 - 2,934) / 0,113 = -4,23.$$

Далее найдем  $F(x) = 0,99997$ ;  $1 - F(x) = 0,00003$ ;  $F(r_2) = 0,00003 \cdot 3520 = 0,105$ ;  $r_2 = 0,105 / 1,5 = 0,07$  обр/м.

Расчеты обрывности основных нитей по их стойкости к истиранию дают значения, соизмеримые с действительной обрывностью основных нитей на ткацких станках.

Обрывность уточных нитей вызывается несколько другими условиям работы нитей на ткацком станке. Видимо, обрывность утка зависит прежде всего от прочностных показателей нитей, определенных при большой скорости нагружения, соизмеримой со скоростью прокладывания нитей утка.

Проведем расчет обрывности утка по разрывной нагрузке. В качестве примера приведем результаты расчета для ткани арт.142:

$$(x-F)/\sigma_x = (180-639/2) / 57,96 = -7,92.$$

Найдем  $1-F(x) = 10^{-15}$ :

$$F(r_1) = 10^{-15} \cdot 1800 \text{ нитей} = 1,8 \cdot 10^{-12} \text{ обр/м.}$$

Проведем расчет обрывности основы по ее разрывному удлинению:

$$(\ell-x)/\sigma_x = (2,0-5,66) / 0,96 = -3,81.$$

Определим  $1-F(x) = 0,0005$ :

$$F(r_2) = 0,00005 \cdot 1800 \text{ нитей} = 0,09 \text{ обр./м.}$$

Анализ данных, приведенных в таблицах, свидетельствует о том, что знание разрывной нагрузки и разрывного удлинения уточных нитей позволяет определять обрывность утка, прогнозировать ее величину.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что обрывность основных и уточных нитей, разрывные нагрузка и удлинение подчиняются нормальному закону распределения вероятностей, а выносливость нитей к многократным нагрузкам и стойкость нитей к истиранию – логарифмически нормальному.

2. Знание выносливости нитей к многократным нагрузкам и стойкости нитей к истиранию позволяет прогнозировать обрывность основных нитей, а полуцикловые характеристики, определенные при максимально-возможных скоростях, позволяют прогнозировать обрывность уточных нитей.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 05.06.10.