

УДК 677.025.54: 677.017.27

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАННЫХ ТРЕБОВАНИЙ  
ПО РАСТЯЖИМОСТИ ЧУЛОЧНО-НОСОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ  
НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЯ СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРИКОТАЖА**

*И.Г. ЦИТОВИЧ, Ю.Б. СПИРИНА, Н.В. ГАЛУШКИНА, В.В. МАЛЮТА*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина,  
ОАО "Альметьевская чулочно-носочная фабрика "Алсу")  
E-mail: office@msta.ac.ru

*На основании теоретических и экспериментальных исследований впервые получен новый научный результат: с увеличением линейной плотности нити растяжимость возрастает при постоянном коэффициенте заполнения, что позволяет в более широком диапазоне изменять структурные параметры трикотажа.*

*On the basis of theoretical and experimental researches a new scientific result was obtained: the tensility increases with the linear density increase at the constant coefficient of filling in, that enables to change the knitted fabric structural parameters.*

**Ключевые слова:** коэффициент растяжимости, коэффициент заполнения, модуль петли, линейная плотность нити, петельный шаг, количество игл, трикотажное полотно.

Среди основных эксплуатационных свойств чулочно-носочных изделий растяжимость – важнейший показатель качества, определяющий условия их эксплуатации, комфортность, соответствие размеров изделий и тела человека. Следует различать оценку растяжимости при испытаниях продукции и оценку растяжимости в условиях деформации при эксплуатации изделий.

В первом случае – на этапе контроля продукции промышленные методы предусматривают одноосное приложение нагрузки к плоскому образцу или трубчатому участку. Методы испытаний при нагрузках, меньше разрывных, изложены в рабо-

те [1] и предусмотрены ГОСТом 19712–89. Методы определения разрывных характеристик и растяжимости при нагрузках, меньше разрывных.

Во втором случае – на этапе проектирования изделий необходимо учитывать двухосное растяжение трикотажа, соответствующее деформационным изменениям при надевании изделия на тело человека (когда меняется состояние структурных параметров переплетения при двухосной деформации трикотажного полотна).

Контроль и нормативы растяжимости предусмотрены ГОСТом 8541–94. Изделия чулочно-носочные, вырабатываемые на круглочулочных автоматах, и методикой

определения растяжимости участков образца под определенной величиной нагрузки.

Несоответствие чулочно-носочных изделий требованиям растяжимости делает изделия во многих случаях не пригодными к эксплуатации, снижает их качество. Несоответствия возникают не только в связи с несовершенством процедуры проектирования и нарушением режимов вязания, но обусловлено статистикой изменений "полноты ног" и индивидуальных отклонений размерных признаков от средних значений.

Традиционно считают, что основным параметром, влияющим на растяжимость трикотажного полотна, изготовленного на машине с определенным количеством игл, является длина нити в петле ( $\ell$ ). Вместе с тем, в теории и практике трикотажного производства отсутствуют какие-либо однозначные оценки растяжимости для типичной ситуации, когда изменяется, например, линейная плотность нити ( $T$ ). Определенные фундаментальные исследования в этом направлении можно найти в работе [2] при анализе кулирной глади, где сделан переход от геометрической модели к ее безразмерному виду введением в расчетные процедуры модуля петли:

$$\sigma = \frac{\ell}{d_y}.$$

Будем исходить из известного положения, что основными показателями качества трикотажных полотен являются структурные характеристики материала. В теории строения трикотажа основной характеристикой является модуль петли  $\sigma$  (линейный, поверхностный, объемный). Они введены в методологию проектирования и анализа трикотажа в исследованиях [2], [3].

В зарубежной практике в качестве структурных характеристик трикотажа также введены структурные коэффициенты, характеризующие геометрические свойства трикотажного материала (размеры и форму петли), показатель "застила" (cover factor - CF) и коэффициент плотности (tightness factor - TF). В частности, в

1962 г. впервые предложена следующая характеристика, имеющая практический смысл [4]:

$$CF = \frac{1}{\ell\sqrt{N}},$$

где  $N_w$  – номер пряжи по шерстяной системе прядения.

Позже в 1965 г. введен аналогичный по физической сущности коэффициент плотности [4]:

$$TF = \frac{\sqrt{T}}{\ell}.$$

Важным для практики и теории строения трикотажа является также введение в качестве структурной характеристики материала – структурной ячейки трикотажного полотна – Structural Knitted Cell (SKC) [4] – это наименьшая повторяющаяся структурная единица материала, в общем виде отличающаяся от раппорта переплетения. Многочисленными экспериментальными исследованиями была подтверждена зависимость различных свойств трикотажа от характеристик заполнения структурной единицы SKC (и его простейшей формы – петли).

При проектировании чулочно-носочных изделий и оценки их свойств, так же как и других видов трикотажных полотен, мы исходили из положения, изложенного в [2], считая, что модуль петли  $\sigma = \frac{\ell}{d_y}$  является определяющей для качества структурной характеристикой трикотажа.

Вместе с тем, измерение этого показателя и его метрическое определение технически является сложной процедурой, что противоречит принципу единства измерений. Как следствие, этот показатель не применяется в практике трикотажного производства как нормируемая характеристика качества продукции.

Поэтому в качестве основного структурного параметра нами был принят коэффициент заполнения  $k_\ell$  – характеристика,

по физической сущности эквивалентная модулю петли  $\sigma$ . Как известно:

$$\ell = \sigma d_y = \sigma 0,0357 \sqrt{\frac{T}{\gamma}}, \quad (1)$$

где  $d_y$  – условный диаметр нити;  $\gamma$  – плотность вещества нити. Если положить

$$\sigma 0,0357 \sqrt{\frac{1}{\gamma}} = k_\ell \quad (2)$$

(что позволяет при необходимости при проведении, например, экспериментальных работ и статистической оценке рекомендуемых значениях модуля  $\sigma$  и  $\gamma$  оценить  $k_\ell$ ), то с учетом (1) и (2)  $k_\ell$  будет определен в виде отношения:

$$k_\ell = \frac{\ell}{\sqrt{T}}. \quad (3)$$

При этом  $k_\ell$  приобретает метрическую оценку на основе экспериментальных измерений длины нити в петле и линейной плотности нити. Можно видеть, что эта величина, имеющая физический смысл модуля петли, обратная коэффициенту плотности ТГ и коэффициенту застила СГ, что позволяет использовать для оценки зарубежные данные и сопоставлять результаты.

В качестве характеристик деформационных свойств в чулочно-носочном производстве используют не зависимость деформации от нагрузки, а величину максимальной растяжимости трикотажа, пропорциональной максимальной величине петельного шага  $A_{\max}$  [5].

Таким образом, для кулирной глади, на базе которой изготавливают большинство чулочно-носочных изделий, растяжимость будет

$$P = N_n (\ell - 3\pi d_y), \quad (4)$$

где  $N_n$  – количество игл в заправке.

Если в формулу (4) ввести коэффициент заполнения  $k_\ell$ , то можно получить

оценку растяжимости для самых различных значений длины нити в петле в виде:

$$P = N_n \sqrt{T} (k_\ell - c_\gamma), \quad (5)$$

где  $c_\gamma = 3\pi 0,0357 \sqrt{\gamma^{-1}}$  – коэффициент, зависящий от материала и структуры волокон\*. Учитывая, что  $\gamma$  меняется в пределах 1,14...1,52 г/см<sup>3</sup>, можно оценить изменение  $c_\gamma$  на интервале 0,28...0,32 и в качестве первого приближения для растяжимости принять его значение  $c_\gamma = 0,30$  с отклонением не более  $\pm 0,02$ .

Из уравнения (5) видно, что растяжимость определяется параметрами  $k_\ell$ ,  $N_n$  и  $E$  и может быть представлена уравнением прямой как функция от значения коэффициента заполнения для нитей различной линейной плотности. При этом мы уходим от неопределенной процедуры измерения условного диаметра нити  $d_y$ , необходимого для оценки модуля  $\sigma$ .

Для проверки теоретической модели растяжимости и уточнения коэффициента  $k_\ell$  были проведены экспериментальные исследования растяжимости трубчатых образцов, изготовленных из наиболее массовой (типовой) для промышленных условий заправки при вязании чулочно-носочных изделий платированным переплетением из хлопчатобумажной пряжи номинальной линейной плотности 20, 25 и 29 текс в сочетании с комплексными нитями (из эластомерных нитей лайкра 2,2 текс и полиамидной нити 7,8 текс).

В условиях "Альметьевской чулочно-носочной фабрики "Алсу" (Республика Татарстан) были изготовлены 3 группы образцов (по 6 в каждой группе) из пряжи различной линейной плотности на круглочулочных автоматах Hiјесom (Южная Корея) с количеством игл  $N_n = 144$  (2 группы) и  $N_n = 156$  (1 группа). Испытания образцов проводились на приборе марки ПР-3 со-

\* В работе И.И. Шалова [6] коэффициент  $c_\gamma$  приводится как константа  $K$ , зависящая от вида сырья (для хлопчатобумажной пряжи  $K = 0,21$ , для капроновой комплексной нити  $K = 0,23$ , для капроновой мононити (волокна)  $K = 0,22$ ).

гласно утвержденной методике при нагрузке 90 Н. С учетом количества игл  $N_{и}$  рассчитывалось по растяжимости  $P$  значение максимального петельного шага  $A_{max}$  и проводилась оценка значения коэффициента заполнения  $k_{\ell} = \frac{\ell}{\sqrt{T}}$  по фактическому среднему значению суммарной линейной плотности  $T$ . Как видно из рис. 1, полученные зависимости близки к линейной функции.

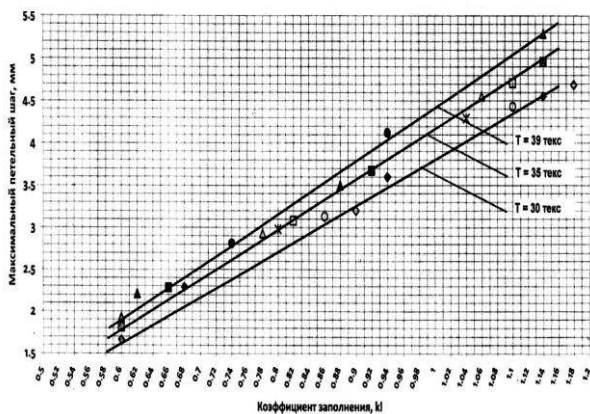


Рис. 1

Уточнение  $c_{\gamma}$  по теоретической модели (5) можно получить по экспериментальным данным из следующего уравнения:

$$c_{\gamma} = \frac{k_{\ell} \sqrt{T} - A_{max}}{\sqrt{T}} = k_{\ell} - \frac{A_{max}}{\sqrt{T}},$$

где  $k_{\ell}$ ,  $T$  и  $A_{max}$  – экспериментальные значения.

При объединении в выборку всех данных опытов проводилась оценка однородности дисперсии, при уровне значимости  $p=0,05$  были получены экспериментальные оценки для  $c_{\gamma} = 0,29 \pm 0,03$  независимо от коэффициента заполнения  $k_{\ell}$ , что практически совпадает с исходной теоретической оценкой  $c_{\gamma} = 0,30 \pm 0,02$ .

Таким образом, для наиболее вероятных экспериментальных значений уравнение для растяжимости имеет вид:

$$P = N_{и} \sqrt{T} (k_{\ell} - 0,29). \quad (6)$$

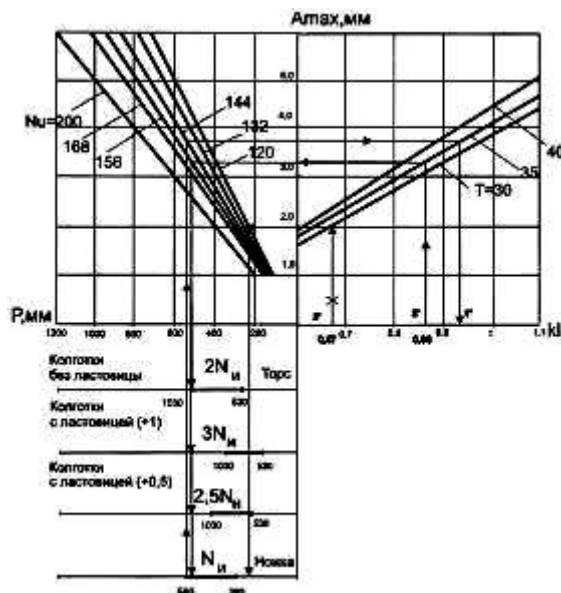


Рис. 2

Полученные модели для растяжимости чулочно-носочных изделий представлены в виде номограммы (рис.2), где одновременно нанесены требуемые значения для растяжимости различных участков чулочно-носочных изделий: ножки (верхняя часть) и торса при различной конструкции изделий.

Применение номограмм или расчетных процедур по формулам (3) и (6) позволяет решить две задачи.

Во-первых, по заданной растяжимости ( $P$ ) основных участков изделий можно определять минимальный коэффициент заполнения ( $k_{\ell}$ ), который обеспечивает выполнение заданных требований при вязании изделия с определенным количеством игл ( $N_{и}$ ). Ход такого решения показан стрелкой 1' на рис. 2.

Во-вторых, проверить по заданной (или измеренной) величине  $k_{\ell}$  условие обеспечения требуемой растяжимости ( $P$ ) (рис. 2 – стрелка 2'). Если растяжимость при заданном  $k_{\ell}$  меньше требуемой (рис. 2 – стрелка 3') – процесс вязания требует соответствующей корректировки.

Номограмма дает наглядное представление решения задач по проектированию растяжимости участков чулочно-носочных изделий или контролю этого показателя по коэффициенту заполнения трикотажного полотна. По факту нас должны интересовать дискретные значения решений для

конкретных заправочных данных: линейной плотности нити  $T$  и количеству игл  $N_{и}$  круглочулочного автомата, которые чрезвычайно просто могут быть рассчитаны по формуле (6) в любой программной среде. Это позволяет также получить более точные оценки показателя растяжимости в дискретном поле значений  $T$  и  $N_{и}$ , в том числе при необходимости уточнить значения  $c_{\gamma}$  для других технологических заправочных.

Предполагается также, что на предприятии ведется и поддерживается база данных по характеристикам заполнения и структурным параметрам основных видов переплетений чулочно-носочных изделий, что, кстати, систематически поддерживалось на уровне отраслевой науки еще в 40-х годах.

Нас должен интересовать принципиальный для проектирования чулочно-носочных изделий вопрос: каким образом изменение толщины нити (или линейной плотности) влияет на растяжимость при постоянном модуле петли (или коэффициенте заполнения).

На основании экспериментальных исследований получен важный практический результат: при увеличении линейной плотности пряжи растяжимость трикотажного полотна платированного переплетения на базе кулирной глади увеличивается. В то время как из известной формулы (4) для  $A_{\max} = \ell - 3\pi d_y$  следует обратный вывод.

## ВЫВОДЫ

1. Получены теоретические и экспериментальные уравнения для оценки и расчета растяжимости чулочно-носочных из-

делий, изготавливаемых на основе платированного переплетения в зависимости от важнейшего структурного параметра трикотажа коэффициента заполнения  $k_{\ell}$ . В отличие от модуля петли  $\sigma$  коэффициент заполнения  $k_{\ell}$  метрически определен, подлежит контролю и регулированию и сопоставим с применяемыми характеристиками заполнения в зарубежной практике.

2. Установлено, что с увеличением линейной плотности нити растяжимость участков чулочно-носочных изделий возрастает при постоянном коэффициенте заполнения, что позволяет в более широком диапазоне изменять структурные параметры изготавливаемой продукции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Торкунова З.А. Испытания трикотажа. – М.: Легпромбытиздат, 1985.
2. Шалов И.И., Далидович А.С., Кудрявин Л.А. Технология трикотажного производства: Основы теории вязания. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.
3. Далидович А.С. Основы теории вязания. – М.: Легкая индустрия, 1970.
4. Gravas E., Kiekens P., and van Langenhove L. Predicting fabric weight per unit area of single- and double-knitted structures using appropriate software // Textile Res. J. –Vol. 6, № 4, 2006/ P. 223...237.
5. Кудрявин Л.А., Шалов И.И. Основы технологии трикотажного производства: Учеб. пособие для вузов. – М.: Легпромбытиздат, 1991.
6. Шалов И.И. Проектирование трикотажного производства. Учебник для студентов вузов. – М.: Легкая индустрия, 1977.

Рекомендована кафедрой технологии трикотажного производства МГТУ им. А.Н. Косыгина. Поступила 30.10.09.