

ИССЛЕДОВАНИЕ ОДНОЦИКЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КОМБИНИРОВАННОЙ ВЫСОКОУСАДОЧНОЙ НИТИ**THE RESEARCH OF TENSILE PROPERTIES OF CORE-SPUN HIGH SHRINK YARN**

УДК 677.072.618:677.017.4

Н.В. Скобова*, А.И. Сосновская*Витебский государственный технологический университет*<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2019-13612>**N. Skobova*, A. Sosnovskaya***Vitebsk State Technological University***РЕФЕРАТ****КОМБИНИРОВАННЫЕ НИТИ, ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА, НАТЯЖЕНИЕ, ТЕРМООБРАБОТКА**

При эксплуатации одежды материал испытывает разные по характеру деформации: растяжение, сжатие, изгиб, кручение, величина которых значительно меньше разрывной. Небольшие по величине, эти нагрузки, чередуясь с разгрузкой и отдыхом, ослабляют структуру материала. Проведена работа по определению влияния натяжения комплексной высокоусадочной нити и температуры обработки на деформационные характеристики комбинированных высокоусадочных нитей. Разработаны регрессионные модели взаимосвязи анализируемых факторов на неразрывные одноцикловые характеристики комбинированной нити. Выбраны оптимальные режимы процесса формирования нити и ее термообработки для получения комбинированной высокоусадочной нити с минимальным значением необратимой части деформации.

ABSTRACT**COMBINED THREAD, TENSILE PROPERTIES, TENSION, HEAT TREATMENT**

When using clothes, the material undergoes different types of deformation: stretching, compression, bending, torsion, the value of which is much less than the breaking one. Small in size, these loads, alternating with unloading and rest, weaken the structure of the material. Work has been done to determine the effect of the tension of the complex high-shrinkable thread and the processing temperature on the deformation characteristics of the combined high-shrinkable threads. Regression models of the interrelation of the analyzed factors on the unbreaking single-cycle characteristics of a combined thread are developed. The optimal modes of the process of forming the thread and its heat treatment were chosen to obtain a combined high-shrinkable thread with a minimum value of the irreversible part of the deformation.

ВВЕДЕНИЕ

Высокие требования, предъявляемые к потребительским свойствам и качеству современных изделий текстильной и легкой промышленности, определяют ее конкурентоспособность на рынке Республики Беларусь. От качества и свойств исходных материалов, применяемых для изготовления тканых или трикотажных полотен, зависит качество готовых изделий. Управление качеством продукции требует знаний свойств, умения правильно измерять и объективно оценивать важнейшие показатели качества [1].

Для оценки качества текстильного материала определяют комплекс свойств, установленных стандартами и характеризующих механические свойства материала в условиях эксперимента. Однако в некоторых случаях требуется определить показатели качества, характеризующие поведение материала при его эксплуатации [2]. Например, полуцикловые разрывные характеристики (разрывная нагрузка, разрывное удлинение и др.) не раскрывают всех особенностей механических свойств текстильных материалов, так как при эксплуатации готовых изделий они

* E-mail: skobova-nv@mail.ru (N. Skobova)

в редких случаях подвергаются однократно-му разрушающему воздействию. Обычно при носке одежды материал испытывает разные по характеру деформации: растяжение, сжатие, изгиб, кручение, величина которых значительно меньше разрывной. Небольшие по величине эти нагрузки, чередуясь с разгрузкой и отдыхом, ослабляют структуру материала [3]. Особенно это проявляется в структуре комбинированных нитей, сочетающих в себе разные по свойствам компоненты [4]. Таким образом, представляет большой практический интерес изучение характеристик механических свойств текстильных материалов, получаемых при испытаниях по циклу: нагрузка – разгрузка – отдых.

Цель работы – определить рациональные параметры получения термообработанной комбинированной высокоусадочной нити, при которых достигается оптимальное соотношение обратной и необратимой частей деформации нити при испытаниях по циклу: нагрузка – разгрузка – отдых.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

На кафедре «Технология текстильных материалов» разработана технология получения комбинированных высокоусадочных нитей на кольцевой прядильной машине. В качестве исходного сырья использованы хлопковая ровница линейной плотности 680 *текс* и высокоусадочная полиэфирная нить линейной плотности 16,8 *текс* (производства ОАО «Светлогорск-Химволокно»). Вырабатывали комбинированную высокоусадочную нить (КВУН) линейной плотности 50 *текс*. Отличительной особенностью данного ассортимента от других комбинированных нитей является повышенная объемность после тепловой обработки за счет усадки высокоусадочного компонента [5, 6].

В ходе предварительных исследований свойств термообработанной КВУН установлено,

что при приложении небольших растягивающих нагрузок наблюдался эффект «текучести», полученная объемная структура исчезала. Причина данного явления обусловлена особенностями формирования высокоусадочного волокна (физическая или химическая модификация), при тепловом воздействии происходит усадка, молекулы в структуре волокна располагаются хаотично и находятся в изогнутом состоянии. При приложении к нити постоянной нагрузки происходит ориентация молекул вдоль оси продукта и достигнутый эффект объемности исчезает.

При анализе технологии получения комбинированной нити и ее последующей термообработки были выбраны факторы, влияющие на изменение деформационных характеристик нити под воздействием тепла: натяжение полиэфирной высокоусадочной нити при ее формировании на кольцевой прядильной машине и температура термообработки КВУН.

Проведен двухфакторный эксперимент по D-оптимальной матрице 3^2 с двумя повторностями, целью которого являлся выбор оптимальных режимов получения термообработанной КВУН, при которых достигается минимальное значение необратимой части деформации комбинированной нити при приложении к ней постоянной нагрузки в цикле нагрузка – разгрузка – отдых [3, 4].

Уровни варьирования входных факторов представлены в таблице 1. Выходными параметрами выбраны одноцикловые неразрывные характеристики нити – составные части деформации (относительные упругая, эластическая и пластическая), определяемые по ГОСТ 28890-90 «Нити текстильные. Методы определения компонентов полного удлинения при растяжении нитей нагрузкой, меньше разрывной» и усадка КВУН – по ГОСТ 28401-2001 «Нити текстильные. Метод определения линейной усадки».

Полученные данные эксперимента обраба-

Таблица 1 – Интервалы варьирования факторов

Параметры	Уровни варьирования		
	+1	0	-1
Натяжение комплексной нити, <i>мН</i> (X_1)	100	60	20
Температура обработки, °C (X_2)	100	70	50

тывались с помощью прикладной программы Statistica for Windows. Зависимости выходных параметров от входных факторов описывались неполным полиномом третьего порядка.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Получены регрессионные модели зависимости выходных параметров от варьируемых факторов:

– регрессионная модель зависимости относительной упругой деформации от натяжения высокоусадочной полиэфирной нити и температуры термообработки КВУН:

$$Y_1 = 2,6 - 0,31 * X_1 * X_2 + 0,8 * X_2^2 + 0,43 * X_1^2 * X_2; \quad (1)$$

– регрессионная модель зависимости относительной эластической деформации от натяжения высокоусадочной полиэфирной нити и температуры термообработки КВУН:

$$Y_2 = 1,17 + 0,6 * X_2 + 0,33 * X_1^2 - 0,36 * X_2^2 + 0,35 * X_2^2 * X_1; \quad (2)$$

– регрессионная модель зависимости относительной пластической деформации от натяжения высокоусадочной полиэфирной нити и температуры термообработки КВУН:

$$Y_3 = 3,61 + 4,66 * X_2 + 2,25 * X_2^2; \quad (3)$$

– регрессионная модель зависимости усадки КВУН от натяжения высокоусадочной полиэфирной нити и температуры термообработки КВУН:

$$Y_4 = 13,42 + 8,75 * X_2 + 3,13 * X_2^2 + 2,68 * X_1 - 1,4 * X_1^2 - 2,3 * X_2^2 * X_1. \quad (4)$$

Для оценки статистической значимости разработанных моделей проведен дисперсионный анализ. В таблице 2 для каждого уравнения показана сумма квадратов отклонений регрессии, критерий Фишера (F-value), значение которого для всех рассмотренных моделей значительно больше табличного при уровне значимости

$p < 0,05$, что указывает на достоверность разработанных моделей.

Анализ полученных моделей показывает, что наиболее влияющим фактором на составные части деформации и усадки КВУН является температура обработки нити.

По полученным регрессионным моделям построены графические зависимости выбранных выходных параметров от варьируемых входных факторов. При выборе ограничений на выходные параметры установлено, что нормативной базы на деформационные характеристики нити нет, поэтому дополнительно был проведен однофакторный эксперимент по определению влияния температуры обработки КВУН на составные части деформации, при фиксированном значении фактора X_1 – натяжения высокоусадочной нити (рисунок 1). На гистограмме представлены результаты измерений обратимой и необратимой частей деформации нитей, включая анализ суровой КВУН (до термообработки).

У суровой нити отсутствует необратимая часть деформации. При термообработке при $50\text{ }^\circ\text{C}$ отмечается наименьший процент обратимой и необратимой частей деформации, однако при этой температуре нить практически не дает усадки (2–3 %). При увеличении температуры обработки КВУН возрастает необратимая часть деформации: чем больше температура, тем выше пластическая деформация. Это еще раз подтверждает ранее сделанный вывод по экспериментальным моделям о доминирующем влиянии температуры термообработки на составные части деформации нити. Наиболее приемлемым вариантом термообработки, при котором достигается минимальное значение необратимой части деформации и допустимый уровень усадки 14 %, является температура $70\text{ }^\circ\text{C}$. В этом случае соотношение обратимой и необратимой частей деформации составляет 50/50, независимо от натяжения подаваемой ВУ нити. Установив, таким образом, ограничения на выходные параметры, выявлена область компромиссных решений с наиболее предпочтительными значениями составных частей деформации и усадки комбинированной нити (рисунок 2), полученная путем совмещения графиков линий равного уровня, построенных по разработанным регрессионным моделям.

Таблица 2 – Оценка значимости разработанных моделей

Эффект (Effect)	Сумма квадратов отклонений регрессий (Sum of Squares)	Критерий Фишера (F-value)	Уровень значимости (p-value)
Регрессия для модели (1)	91,57	1112,16	0,000000
Регрессия для модели (2)	15,08	124,34	0,000178
Регрессия для модели (3)	377,03	173,35	0,000003
Регрессия для модели (4)	147,67	644,99	0,000094

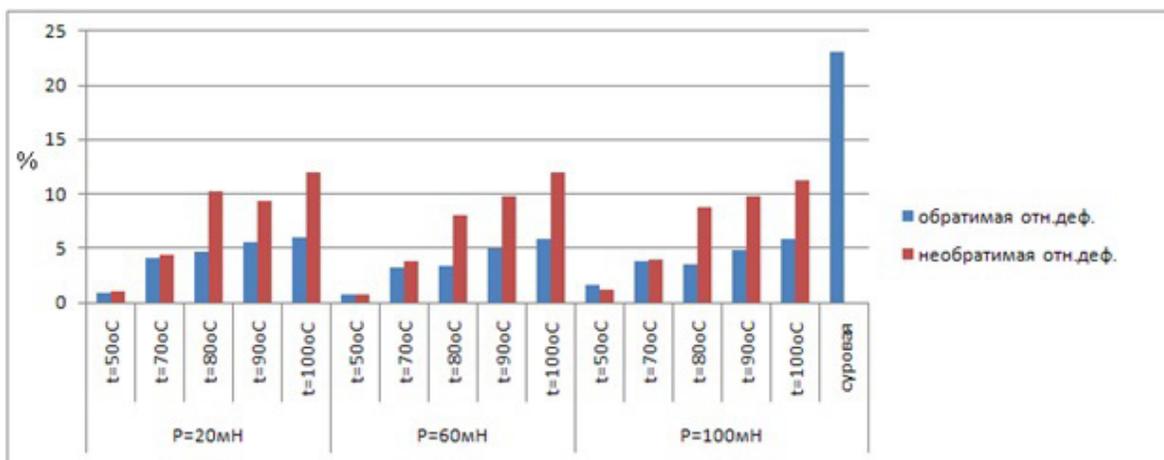


Рисунок 1 – Сравнительный анализ соотношения обратимой и необратимой частей деформации при фиксированном значении натяжения ВУ нити

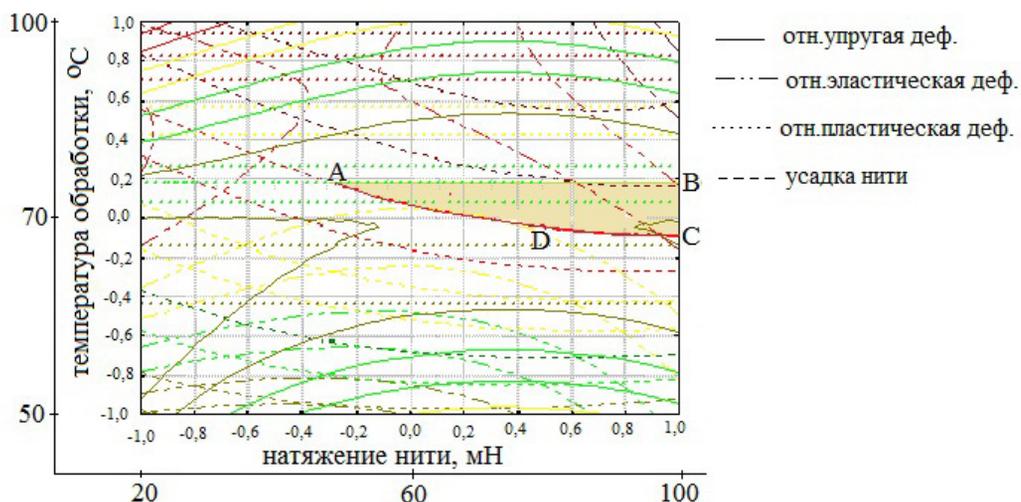


Рисунок 2 – Совмещенный график линий равного уровня для принятых показателей качества комбинированной высокоусадочной нити

Отмечается локализация области рациональных значений выходных факторов в зоне, близкой к максимальному значению натяжения ВУ полиэфирной нити (80–100 *мН*) и среднего значения температуры обработки 70–75 °С.

Для подтверждения правильности выбора значений входных факторов наработана комбинированная высокоусадочная нить по параметрам из середины области рациональных решений – натяжение комплексной нити 80 *мН* и температура термообработки 70–72 °С. Анализ одноцикловых характеристик и усадки нити показал: обратимая часть деформации – 3,875 %, необратимая – 4,03 %, усадка составила 15,8 %.

ВЫВОДЫ

Экспериментально получены регрессионные модели взаимосвязи натяжения высокоусадочной полиэфирной нити при ее формировании на кольцевой прядильной машине и температуры обработки с одноцикловыми характеристиками комбинированной нити и усадкой.

В результате проведенных исследований установлены рациональные параметры получения комбинированной высокоусадочной нити, позволяющие достичь минимально возможного значения необратимой части деформации при допустимом уровне усадки: натяжения нити при формировании 80–100 *мН*, температура обработки 70–75 °С.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кузнецов, А. А., Ольшанский, В. И. (2004), *Оценка и прогнозирование механических свойств текстильных нитей*, Витебск, 226 с.
2. Sitotaw, D. B., Adamu, B. F. (2017), Tensile Properties of Single Jersey and 1×1 Rib Knitted Fabrics Made from 100% Cotton and Cotton/Lycra Yarns, *Journal of Engineering*, Volume 2017, Article ID 4310782, 7 pag., available at: <https://doi.org/10.1155/2017/4310782>.
3. Кирюхин, С. М., Шустов, Ю. С. (2011), *Текстильное материаловедение*, Москва, 360 с.
4. Kothari, V. K., Ishtiaque, S. M., Ogale, V. G. Tensile properties of polyester/cotton blended yarns, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, Vol. 27, March 2002, pp. 48–51.
5. Колбасникова, А. И., Косоян, Е. Ш., Скобова, Н. В. (2018), Изучение деформационных свойств комбинированных высокоусадочных нитей после тепловой обработки, *Сборник материалов международной научной студенческой конференции «Инновационное развитие легкой и текстильной промышленности» (ИН-ТЕКС-2018)*, Москва, 2018, Ч. 1, С. 161–163.

REFERENCES

1. Kuznetsov, A. A., Olshansky, V. I. (2004), *Ocenka i prognozirovanie mehanicheskikh svojstv tekstil'nyh nitej* [Evaluation and prediction of the mechanical properties of textile yarns], Vitebsk, 226 p.
2. Sitotaw, D. B., Adamu, B. F. (2017), Tensile Properties of Single Jersey and 1×1 Rib Knitted Fabrics Made from 100% Cotton and Cotton/Lycra Yarns, *Journal of Engineering*, Volume 2017, Article ID 4310782, 7 pag., available at: <https://doi.org/10.1155/2017/4310782>.
3. Kiryukhin, S. M., Shustov, Yu. S. (2011), *Tekstil'noe materialovedenie* [Textile Materials Science], Moscow, 360 p.
4. Kothari, V. K., Ishtiaque, S. M., Ogale, V. G. (2002) Tensile properties of polyester/cotton blended yarns, *Indian Journal of Fibre & Textile Research*, Vol. 27, March 2002, pp. 48–51.
5. Kolbasnikova, A. I., Kosoyan, E. Sh., Skobova, N. V. (2018), Study of the deformation properties of combined high-shrinkable threads after heat treatment [Izuchenie deformatsionnykh svojstv kombinirovannykh vysokousadochnykh nitej posle teplovoj obrabotki], *Collection of materials*

6. Скобова, Н. В., Колбасникова, А. И. (2018), Определение деформационных характеристик комбинированных нитей, *Материалы докладов 51-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов*, Витебск, 2018, т. 1, С. 307–310.

of the international scientific student conference «Innovative development of the light and textile industry» (INTEX-2018), Moscow, 2018, Part 1, P. 161–163.

6. Skobova, N. V., Kolbasnikova, A. I. (2018), Study of the tensile properties of combined threads [Определение деформационных характеристик комбинированных нитей], *Proceedings of the 51st International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students*, Vitebsk, 2018, v. 1, P. 307–310.

Статья поступила в редакцию 13. 01. 2019 г.