

# Исследование процесса усадки и объёмности комбинированной шерсто-химической нити в условиях воздействия электромагнитных волн сверхвысокой частоты

А. С. Куландин<sup>а</sup>, А. Г. Коган

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

<sup>а</sup>E-mail: kulandin.vstu@gmail.com

**Аннотация.** В качестве объекта исследований была получена комбинированная нить, аэродинамического способа формирования, с использованием комплексной химической высокоусадочной нити, подвергнутая воздействию электромагнитных волн СВЧ-диапазона.

Цель - исследование процесса усадки и повышение объёмности комбинированной нити с использованием электромагнитных волн СВЧ-диапазона.

В результате экспериментальных исследований полученные данные показывают, что использование электромагнитных волн СВЧ-диапазона позволяют достичь значительного повышения объёмности нити, не уступают традиционным способам влажностнотепловой обработки текстильных материалов.

**Ключевые слова:** Высокообъёмная нить, высокоусадочные нити, электромагнитные волны СВЧ, усадка, диаметр, объёмность.

## Investigation of the Process of Shrink and Volume of Combined Wool-And-Chemical Fiber under Effects of Electromagnetic Waves of Super High Frequency

A. Kulandin<sup>a</sup>, A. Kogan

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

<sup>a</sup>E-mail: kulandin.vstu@gmail.com

**Annotation.** As a research object, a combined air jet yarn with the use of a complex chemical high-shrinkage yarn subjected to the action of electromagnetic waves of the microwave range was produced.

The goal is to study the shrinkage process and increase the volume of the combined filament using electromagnetic waves of the microwave range.

As a result of experimental studies, the obtained data show that the use of electromagnetic waves in the microwave range can achieve a significant increase in the volume of yarn, not inferior to the traditional methods of heat and moisture treatment of textile materials.

**Key words:** high bulk yarn, high shrinkage yarn, microwave electromagnetic waves, shrinkage, diameter, volume.

В настоящее время многие производители уделяют все большее внимание получению высокообъёмных нитей для производства трикотажных изделий. Использование высокообъёмных нитей в текстильных изделиях повышает их мягкость, пушистость, а также значительно снижает материалоемкость. Принцип изготовления текстильных материалов, обладающих специфическими свойствами (высокой усадкой и повышенной объёмностью), заключается в смешивании высокоусадочных (с усадкой 20–60 %) и низкоусадочных волокон и нитей. После совместной обработки получается текстильный материал, обладающий способностью увеличивать свой объем в результате влажностнотепловой обработки в свобод-

ном (ненатянутом) состоянии. При этом высокоусадочный компонент укорачивается (усаживается), принимая более определенную ориентацию по оси материала. Низкоусадочный компонент обвивается вокруг высокоусадочного, принимая менее ориентированное положение в том же направлении [1].

Особенностью применения токов сверхвысокой частоты является объёмность тепловыделения в нагреваемой среде, что позволит увеличить глубину и равномерность прогревания текстильных материалов. Использование токов сверхвысокой частоты позволит уменьшить время на влажностнотепловую обработку и затраты на электроэнергию.

Чем больше усадка высокоусадочного компонента, тем с большей объемностью можно получить текстильный материал. На базе аэродинамической прядильной машины была разработана установка с использованием токов СВЧ для обеспечения влажност-

нотепловой обработки полученной комбинированной нити непрерывным способом. Технологическая схема модернизированной аэродинамической прядильной машины ПБК-225 ШГ представлена на рисунке 1.

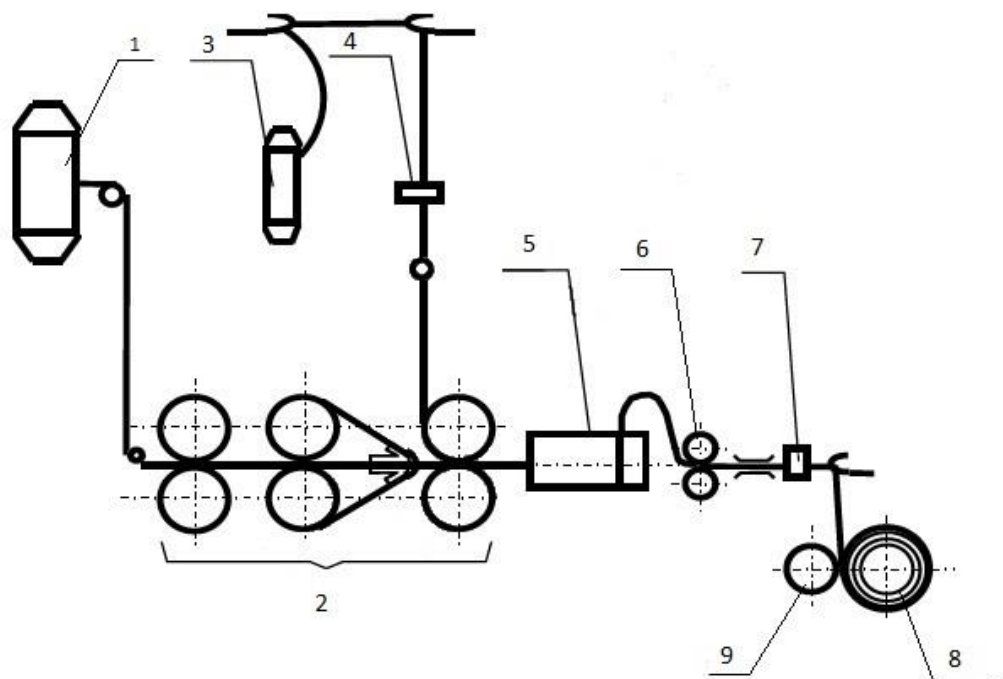


Рисунок 1 – Технологическая схема прядильной машины ПБК-225 ШГ:

1 – ровница, 2 – вытяжной прибор, 3 – комплексная нить, 4 – натяжной прибор комплексной нити, 5 – аэродинамическое прядильное устройство, 6 – выпускная пара, 7 – датчик контроля обрыва нити «Укон», 8 – цилиндрическая паковка, 9 – мотальный барабанчик

Ровница 1 заправляется в двухрешетчатый вытяжной прибор 2 системы 3x3. Комплексная нить 3 проходит нитенатяжитель 4 и заправляется под переднюю пару вытяжного прибора 2. Далее оба компонента поступают в аэродинамическое устройство 5, где мычка под воздействием воздуха оплетает стержневой компонент. Мычка подается в аэродинамическое устройство с нагоном, то есть в свободном состоянии. В аэродинамическом устройстве мычка и комплексная нить перепутываются между собой, за счет чего и происходит формирование объемной структуры нити. Далее комбинированная нить под действием выпускной пары 6 проходит датчик контроля обрыва нити «Укон» 7 и наматывается на цилиндрическую паковку крестовой намотки 8 с помощью мотального барабанчика 9.

Для получения комбинированной нити в качестве высокоусадочного компонента использовалась полиэфирная высокоусадочная комплексная нить линейной плотности 9,4 текс, усадка которой составляет свыше 40 %, полученная на ОАО «СветлогорскХимволокно». В качестве низкоусадочного компонента использовалась полушерстяная ровница 800 текс. Физико-механические показатели полученной комбинированной нити представлены в таблице 1.

Объемность нити достигается с помощью влажностотепловой обработки в камере с токами СВЧ.

Для проведения процесса повышения объемности комбинированной нити в условиях воздействия электромагнитных волн токов СВЧ разработана методика, состоящая из следующих этапов:

Подготовка образцов комбинированных нитей.

1. Увлажнение комбинированных нитей.
2. Отжим до остаточного влагосодержания 100 – 300 %.
3. Установка стационарного теплового режима при заданной мощности 0–800 Вт.
4. Определение абсолютной линейной усадки образцов и пересчет в относительную усадку.

Влагосодержание образцов комбинированных высокоусадочных нитей определялось весовым способом. Временные интервалы регистрировались с помощью их установки на СВЧ-камере [2].

При реализации эксперимента, были выбраны следующие варьируемые параметры:

- мощность обработки токами СВЧ;
- время обработки токами СВЧ;
- относительная влажность образцов до влажностотепловой обработки.

Границы областей определения факторов, их натуральные уровни для оптимизации процесса прядения представлены в таблице 2.

Матрица планирования представлена в таблице 3.

## ПРЯДЕНИЕ

**Таблица 1 – Физико-механические показатели шерсто-химической комбинированной нити до влажностотепловой обработки токами СВЧ**

Показатель	Значение показателя
Состав	– ПЭ высокоусадочная нить – нитроновое волокно – шерстяное волокно
Линейная плотность комбинированной нити, текс	
Разрывная нагрузка, сН	
Разрывное удлинение, %	
Диаметр, мм	
Объемность, см <sup>3</sup> /г	

**Таблица 2 – Границы областей определения факторов и их натуральные уровни для оптимизации**

Факторы	Единицы измерения	Интервал варьирования	Уровни варьирования факторов		
			-1	0	+1
X1(P)	Вт	300	200	500	800
X2(t)	с	45	60	105	150
X3(W)	%	100	100	200	300

**Таблица 3 – Матрица планирования**

	X1	X2	X3	P, Вт	t, с	W, %
1	1	1	1	800	150	300
2	-1	1	1	200	150	300
3	1	-1	1	800	60	300
4	-1	-1	1	200	60	300
5	1	1	-1	800	150	100
6	-1	1	-1	200	150	100
7	1	-1	-1	800	60	100
8	-1	-1	-1	200	60	100
9	1	0	0	800	105	200
10	-1	0	0	200	105	200
11	0	1	0	500	150	200
12	0	-1	0	500	105	200
13	0	0	1	500	60	300
14	-1	0	-1	200	60	100
15	0	0	0	500	60	200

По результатам экспериментов, методом наименьших квадратов получена регрессионная модель (1) зависимости усадки высокоусадочной нити от начальной влажности, мощности СВЧ излучения и времени обработки. Данная модель служит для прогнозирования усадки комбинированной нити, полученной путём влажностотепловой обработки токами СВЧ [3].

$$S = \frac{t \cdot P \cdot W}{(0,365 \cdot t + 4,49) \cdot (0,114 \cdot P + 29,4) \cdot (0,0449 \cdot W + 164)}, \quad (1)$$

где  $S$  – относительная усадка, %;

$t$  – время влажностотепловой обработки, с;

$P$  – мощность излучения, Вт;

$W$  – относительная влажность образцов до влажностотепловой обработки, %.

На рисунке 2 представлена зависимость усадки высокоусадочной нити от режимов процесса влажностотепловой при воздействии СВЧ-излучения при различной начальной влажности 100–300 %.

Анализ полученной зависимости позволяет сделать вывод о том, что при одинаковых значениях режимных параметров процесса влажностотепловой обработки увеличение начальной влажности образцов приводит к повышению усадки.

У готовой нити после влажностотепловой обработки токами СВЧ определялся диаметр, объемность (4) и степень объемности (5). Под объемностью понимают объем в см<sup>3</sup>, занимаемый 1 граммом нити в свободном (ненатянута) состоянии при нормальной температуре и влажности [4]. Физико-механические показатели высокообъемной комбинированной нити представлены в таблице 4.

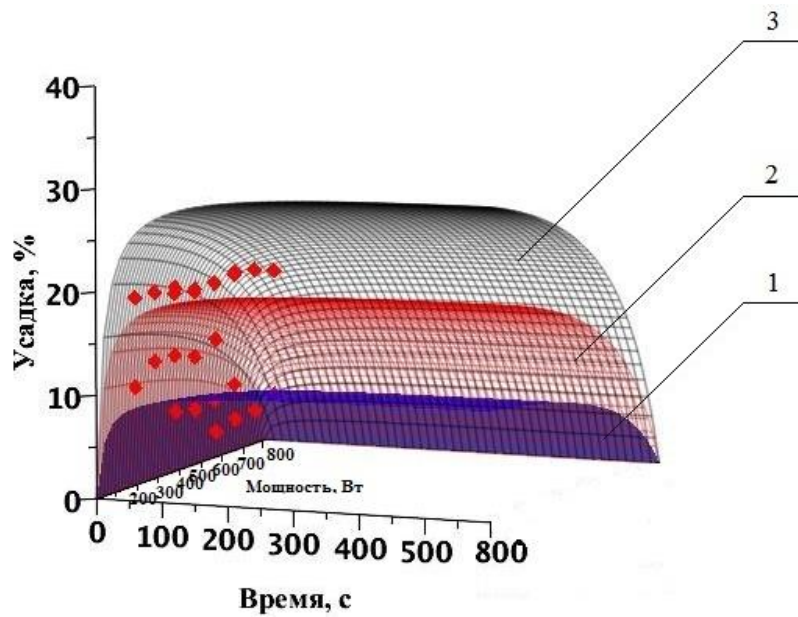


Рисунок 2 – Зависимость усадки от режимов влажностнотепловой обработки при начальной влажности: 1 – 100 %, 2 – 200 %, 3 – 300 %

Таблица 4 – Физико-механические показатели полученной высокообъемной комбинированной нити

Показатель	Значение показателя	
	До влажностнотепловой обработки	После влажностнотепловой обработки
Состав	– ПЭ высокоусадочная нить – нитроновое волокно – шерстяное волокно	– ПЭ высокоусадочная нить – нитроновое волокно – шерстяное волокно
Линейная плотность комбинированной нити, текс		
Разрывная нагрузка, сН		
Разрывное удлинение, %		
Диаметр, см		
Объемность, см <sup>3</sup> /г		

Объемность нити определяют по формуле:

$$V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l, \text{ г/см}^3 \quad (2)$$

где  $V$  – объемность нити, см<sup>3</sup>/г;  
 $d$  – диаметр нити, см;  
 $l$  – длина 1 г нити, см;

$$l = \frac{1000}{T} \cdot 100, \quad (3)$$

где  $T$  – линейная плотность комбинированной нити, текс.

Отсюда

$$V = \frac{78500 \cdot d^2}{T} = \frac{78500 \cdot 0,0978^2}{80} = 9,4 \text{ г/см}^3 \quad (4)$$

$$\delta = \frac{V_2}{V_1} \cdot 100 = \frac{9,4}{4,62} \cdot 100 = 203,5\%, \quad (5)$$

где  $\delta$  – степень объемности, %;

$V_1$  – объемность нити до СВЧ обработки, см<sup>3</sup>/г;

$V_2$  – объемность нити после СВЧ обработки, см<sup>3</sup>/г.

На рисунке 3 и 4 представлен вид комбинированной нити до и после влажностнотепловой обработки токами СВЧ соответственно.

В результате проведенных исследований было установлено, что использование комплексной высокоусадочной химической нити в качестве сердечника позволяет получить специфические свойства комбинированной нити, такие как высокая усадка 15–30 % и увеличение объемности на 203,5 % от объемности до влажностнотепловой обработки. Применение токов СВЧ сокращает время влажностнотепловой обработки в 1,5–2 раза по сравнению с традиционной влажностнотепловой обработкой, применяемой на текстильных предприятиях Республики Беларусь, что

## ПРЯДЕНИЕ

позволит увеличить количество выпускаемой продукции, а также снизить энергозатраты.

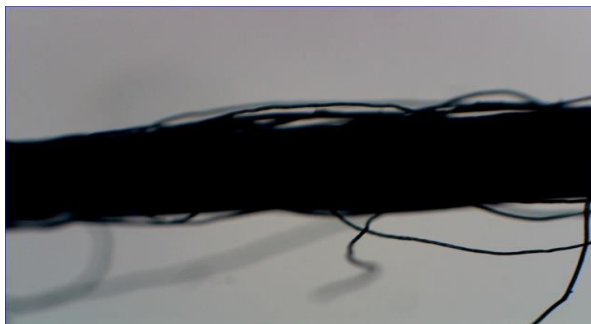


Рисунок 3 – До обработки СВЧ



Рисунок 4 – После обработки СВЧ

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прядение химических волокон : учебник для вузов / В. А. Усенко [и др.] ; под ред. В. А. Усенко. – Москва : РИО МГТА, 1999. – 472 с.
2. Интенсификация процесса термообработки химических высокоусадочных нитей / А. Н. Бизюк [и др.] // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2014. – Вып. 27. – С. 9–16.
3. Дягилев, А. С. Методы и средства исследований технологических процессов : учебное пособие для студентов вузов по спец. «Технология пряжи, тканей, трикотажа и нетканых материалов» / А. С. Дягилев, А. Г. Коган ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2012. – 206 с.
4. Медвецкий, С. С. Переработка химических волокон и нитей : учебное пособие для студентов вузов по спец. «Технология пряжи, тканей, трикотажа и нетканых материалов», «Автоматизация технологических процессов и производств» (легкая промышленность), «Экономика и организация производства» (легкая промышленность) / С. С. Медвецкий ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2012. – 322 с.

## REFERENCES

1. Spinning fibers : a textbook for high schools / V. A. Usenko [et al.] ; under the editorship of V. A. Usenko. – Moscow : RIO MGTA, 1999. – 472 p.
2. Intensification of heat treatment process of chemical high-shrink filaments / A. N. Bizyuk [et al.] // Bulletin of Vitebsk state technological University. – 2014. – Issue. 27. – P. 9–16.
3. Diaghilev, A. S. Methods and means of research of technological processes : textbook for University students on special. «Technology yarn, fabrics, knitted fabrics and non-woven fabrics» / A. S. Diaghilev, A. G. Kogan ; UO «VGTU». – Vitebsk, 2012. – 206 p.
4. The medvetsky, S. S. Processing of chemical fibres and yarns : a textbook for students of universities on spec. «Technology of yarn, fabrics, knitwear and nonwovens», «automation of technological processes and production» (light industry), «Economy and organization of production» (light industry) / S. Medvetsky ; UO «VSTU». – Vitebsk, 2012. – 322 p.

## SPISOK LITERATURY

1. Prjadenie himicheskikh volokon : uchebnik dlja vuzov / V. A. Usenko [i dr.] ; pod red. V. A. Usenko. – Moskva : RIO MGTA, 1999. – 472 s.
2. Intensifikacija processa termoobrabotki himicheskikh vysokousadochnyh nitej / A. N. Bizjuk [i dr.] // Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta. – 2014. – Vyp. 27. – S. 9–16.
3. Djagilev, A. S. Metody i sredstva issledovanij tehnologicheskikh processov : uchebnoe posobie dlja studentov vuzov po spec. «Tehnologija prjazhi, tkanej, trikotazha i netkanyh materialov» / A. S. Djagilev, A. G. Kogan ; UO «VGTU». – Vitebsk, 2012. – 206 s.
4. Medveckij, S. S. Pererabotka himicheskikh volokon i nitej : uchebnoe posobie dlja studentov vuzov po spec. «Tehnologija prjazhi, tkanej, trikotazha i netkanyh materialov», «Avtomatizacija tehnologicheskikh processov i proizvodstv» (legkaja promyshlennost'), «Jekonomika i organizacija proizvodstva» (legkaja promyshlennost') / S. S. Medveckij ; UO «VGTU». – Vitebsk, 2012. – 322 s.

Статья поступила в редакцию 19.01.2018