

УДК 677.022

А. С. Куландин, А. Г. Коган

Витебский государственный технологический университет
210035, Республика Беларусь, г. Витебск, Московский пр., 72

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОВЫШЕНИЯ ОБЪЕМНОСТИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМБИНИРОВАННОЙ ПОЛУШЕРСТЯНОЙ НИТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА

© А. С. Куландин, А. Г. Коган, 2018

В качестве объекта исследований была получена комбинированная аэродинамическая нить с использованием комплексной химической высокоусадочной нити, подвергнутая воздействию электромагнитных волн СВЧ-диапазона. Целью данного исследования является повышение объемности комбинированной нити с использованием электромагнитных волн СВЧ диапазона. Данные в результате экспериментальных исследований полученные показывают, что использование электромагнитных волн СВЧ диапазона позволяет достичь значительного повышения объемности нити, не уступая традиционным способам тепловлажностной обработки текстильных материалов. Рекомендуемые параметры — продолжительность тепловлажностной обработки 120–150 секунд, мощность СВЧ-излучения в камере 800–850 Вт.

Ключевые слова: Высокообъемная нить, высокоусадочные нити, электромагнитные волны СВЧ, усадка, диаметр, объемность.

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется снижению материалоемкости текстильных изделий. Значительный спрос на производство пряжи и нитей, обладающих повышенной объемностью, а также имеющих высокие физико-механические свойства. Перспективным направлением в получении высокообъемной пряжи и нитей является использование в качестве сердечника комплексной химической высокоусадочной нити, а в качестве покрывающего компонента — шерстяное, нитроновое волокно, а также их смеси [1]. В работе рассматривается совместная усадка комплексной высокоусадочной нити, что ведет за собой значительное повышение объемности комбинированной нити. Использование современных технологий, таких как СВЧ-обработка позволит обеспечить более глубокое и равномерное прогревание текстильных материалов, ускорить процесс термообработки и сократить его энергоемкость.

Цель работы — разработка энергоэффективной технологии повышения объемности комбинированных полушерстяных нитей с использованием электромагнитных токов сверхвысокой частоты.

Объектом исследований является процесс повышения объемности комбинированной нити, состоящей из комплексной высокоусадочной нити, покрытой шерстяными и нитроновыми волокнами, в условиях воздействия электромагнитных токов сверхвысокой частоты.

Процесс получения комбинированной нити

На базе аэродинамической прядильной машины была разработана установка с использованием токов СВЧ для обеспечения тепловлажностной обработки

полученной комбинированной нити непрерывным способом. Технологическая схема модернизированной аэродинамической прядильной машины ПБК — 225 ШГ представлена на рис. 1.

Ровница 1 заправляется в двухрешетчатый вытяжной прибор системы $3x^3$. Комплексная нить 2 проходит нитенатяжитель 3 и заправляется под переднюю пару вытяжного прибора. Далее оба компонента поступают в аэродинамическое устройство 4, 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 пряжи. Далее комбинированная нить под действием выпускной пары 5 и направляющего ролика 6 подается на пропиточный барабан 8, расположенный в пропиточной ванне 7. Комбинированная нить поступает в волновод 9 СВЧ камеры, где происходит процесс обработки электромагнитными волнами, создаваемыми магнетроном 10. На выходе волновода 9 комбинированная высокообъемная нить посредством направляющих роликов 11 проходит датчик контроля обрыва нити «Укон» 12 и наматывается на цилиндрическую паковку крестовой намотки 13 с помощью мотального барабанчика 14.

В таблице 1 представлены технические характеристики аэродинамической прядильной машины ПБК — 225 ШГ для получения комбинированной нити [2].

В качестве сердечника комбинированной нити использовалась комплексная полиэфирная нить, обладающая высокоусадочными свойствами, полученная на ОАО «Светлогорскхимволокно» (г. Светлогорск).

Таблица 1. Технические характеристики аэродинамической прядильной машины ПБК — 225 ШГ

Параметр	Значение параметра
Рабочая скорость выпуска пряжи, м/мин	50–250
Заправочная скорость, м/мин	30
Линейная плотность выпускаемой нити, текс	40–200
Давление в пневмовьюрковой камере АУ, МПа	0,1–0,25
Давление в пневмоперепутывающей камере АУ, Мпа	0,35–0,55
Нагон, %	0–13
Вытяжка	10–60

Таблица 2. Характеристики полиэфирной высокоусадочной нити

Показатель	Значение показателя
Номинальная линейная плотность нити, текс	9,4
Удельная разрывная нагрузка, мН/текс,	331
Удлинение нити при разрыве, %	30
Линейная усадка, %	48
Количество пневмосоединений	14
Массовая доля замасливателя, %	1,3
Фактическая влажность, %	0,5

Таблица 3. Физико механические свойства комбинированной нити

Показатель	Величина до тепловлажностной обработки
Сырьевой состав	комплексная химическая нить — 7,83%; нитроновое волокно — 64,52%; шерстяное волокно — 27,65%
Линейная плотность, текс	120
Разрывная нагрузка, сН/текс	8,2
Разрывное удлинение, %	12,15
Диаметр, мм	1,138
Объемность, см ³ /г	8,47

Республика Беларусь). Физико механические свойства высокоусадочной полиэфирной комплексной нити представлены в таблице 2.

В качестве покрывающего материала использовалась полушерстяная ровница (70% — ПАН волокон, 30% — шерстяные волокна) линейной плотности 1200 текс, полученная на ОАО «Полесье» (г. Пинск, Республика Беларусь).

Для проведения эксперимента на аэродинамической прядильной машине ПБК — 225 ШГ была получена комбинированная нить. Физико механические свойства комбинированной нити представлены в табл. 3.

Особенности повышения объемности текстильных материалов в условиях СВЧ-излучения

В условиях СВЧ-воздействия по своим свойствам волокнистые материалы относятся к диэлектрикам, которые в зависимости от строения волокнообразующего

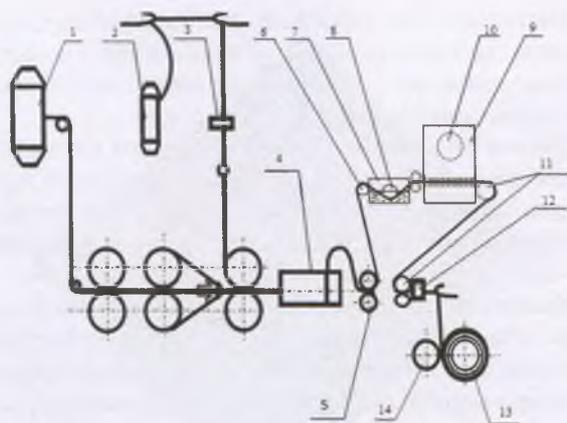


Рис. 1. Технологическая схема прядильной машины ПБК — 225 ШГ: 1 — ровница, 2 — комплексная нить и рамка для разматывания комплексной химической нити, 3 — натяжной прибор, 4 — аэродинамическое прядильное устройство, 5 — оттяжная пара, 6 — направляющий ролик, 7 — пропитывающая ванна, 8 — пропитывающий барабан, 9 — волновод, 10 — магнетрон, 11 — направляющие ролики, 12 — датчик контроля обрыва нити «Укон», 13 — цилиндрическая паковка, 14 — мотальный барабанчик

полимера делятся на полярные и неполярные. У неполярных материалов, таких как полиэфирное (лавсановое) и полипропиленовое волокна, основным видом поляризации является деформационная (электронная), протекающая без выделения теплоты. Такие материалы характеризуются низкими значениями диэлектрических потерь и слабо нагреваются в полях сверхвысокой частоты. Для полярных диэлектриков (полиамид, полиакрилонитрил) характерна релаксационная поляризация (дипольно-групповая и дипольно-сегментальная). При помещении такого материала в СВЧ поле его полярные элементы (сегменты, группы атомов) будут ориентироваться вдоль линий напряженности поля согласно полярности. Подобным материалам присущи большие значения диэлектрических потерь [3].

Таким образом, малополярные волокна (лавсановое, ацетатное, полипропиленовое), а также жесткоцепные не термопластичные волокна (хлопок, вискоза, шерсть, шелк) в условиях диэлектрического нагрева нагреваются слабо. Следовательно, необходимым условием обеспечения эффективного диэлектрического нагрева неполярных текстильных материалов является присутствие в волокнистом материале какого-либо полярного вещества, которое бы нагревалось в электромагнитном поле и за счет теплопередачи обеспечивало бы разогрев самого материала. В процессах повышения объемности текстильных материалов чаще всего в качестве полярного компонента выступает вода. С увеличением температуры от 0 до 100 °С коэффициент диэлектрических потерь воды возрастает примерно вдвое. Следовательно, с ростом температуры эффективность СВЧ-нагрева повышается. Так как в процессах повышения объемности текстильные материалы, как правило, содержат в значительном количестве (80–100%) воду, то систему «волокнообразующий полимер — вода» можно

рассматривать как полярный диэлектрик, электрофизические характеристики которого близки к воде, а теплофизические — к материалу носителю (т.е. текстильному материалу).

Так как в полученной комбинированной нити в качестве сердечника используется комплексная полиэфирная нить, нужно проводить увлажнение комбинированной нити до избыточного влагосодержания 100–200% перед тепловой обработкой токами СВЧ.

Комбинированная нить с избыточным количеством влаги подается в СВЧ-камеру в свободном (ненатянутом) состоянии. Тепловая обработка проводится при мощностях 550–1000 Вт, ее рекомендуется проводить до момента, когда избыточная влажность составляет 10–15%, для избежания пересушки нити и возникновения пороков.

Под действием токов СВЧ комбинированная нить увеличивает свой объем в результате тепловлажностной обработки в свободном (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. Это придает материалу большую пушистость, значительно уменьшает объемную массу и увеличивает поперечные размеры.

Результаты исследования и их обсуждение

По результатам экспериментов повышения объемности комбинированной нити был проведен двухфакторный эксперимент по матрице Коно с двумя изменяемыми факторами и тремя уровнями варьирования. В качестве входных факторов выбраны:

X_1 — мощность обработки токами СВЧ.

X_2 — время обработки токами СВЧ.

Уровни и интервалы варьирования входных параметров представлены в таблице 4.

Для определения оптимальных режимов тепловлажностной обработки комбинированных нитей в полях СВЧ выходными параметрами выбраны качественные показатели, отражающие повышение объемности:

Таблица 4. Уровни и интервалы варьирования входных параметров

Факторы	Единицы измерения	Интервал варьирования	Уровни варьирования факторов		
			-1	0	+1
$P (X_1)$	Вт	150	700	850	1000
$t (X_2)$	с	45	60	105	150

Таблица 5. Обобщенные результаты оценки показателей качества комбинированных высокообъемных нитей.

№	X_1	X_2	Усадка $U, \%$	Объемность $V, \text{см}^3/\text{г}$
1	-1	-1	2,9	10,12
2	-1	0	3,8	11,78
3	-1	+1	5	13,68
4	0	-1	3,7	11,68
5	0	0	5,2	14,56
6	0	+1	9	19,76
7	+1	-1	7,5	16,87
8	+1	0	9,4	21,1
9	+1	+1	10,8	23,37

— усадка, %

— объемность, $\text{см}^3/\text{г}$.

Усадка и объемность определялись по следующим формулам:

$$U = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1} \cdot 100\%,$$

где L_1 — длина определенного отрезка до тепловлажностной обработки, мм; L_2 — длина определенного отрезка после тепловлажностной обработки, мм.

$$V = \frac{78500 \cdot d^2}{T}, \text{см}^3/\text{г}$$

где d — диаметр комбинированной высокообъемной нити, см; T — линейная плотность, текс.

Матрица планирования, а также результаты проведения испытаний физико механических свойств комбинированной высокообъемной нити представлены.

В таблице 5 приведены обобщенные результаты оценки показателей качества комбинированных высокообъемных нитей, отражающих характер изменений этих показателей относительно значений, получаемых при использовании токов СВЧ.

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась с использованием пакета программ «Statistica for Windows».

Из таблицы 4 можно сделать вывод, что тепловлажностная обработка токами СВЧ увеличивает показатели усадки и объемности для комбинированных нитей. Получены статистически значимые математические модели зависимости усадки и объемности от варьируемых факторов:

— усадка

$$U = 6,37 + 2,67X_1 + 1,78X_2;$$

— объемность

$$V = 15,88 + 4,29X_1 + 3,02X_2.$$

На рисунках 2 и 3 представлены поверхности отклика, отражающие изменение выходных параметров усадки (U) и объемности (V) при изменении входных параметров.

Таблица 6. Физико механические свойства высокообъемной комбинированной нити

Показатель	Величина до тепловлажностной обработки
Сырьевой состав	комплексная химическая нить — 7,83%; нитроновое волокно — 64,52% шерстяное волокно — 27,65%
Линейная плотность, текс	134
Разрывная нагрузка, сН/текс	8
Разрывное удлинение, %	18,54
Диаметр, мм	1,9974
Объемность, см ³ /г	23,37

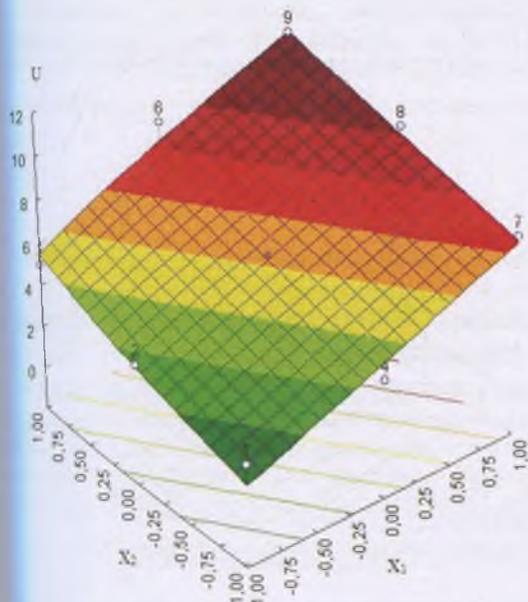


Рис. 2. Поверхность математической модели зависимости усадки комбинированной нити 120 текс от варьируемых параметров

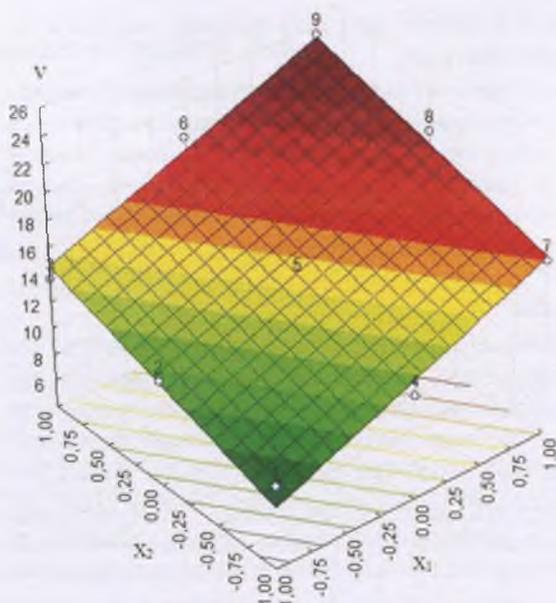


Рис. 3. Поверхность математической модели зависимости объёмности комбинированной нити от варьируемых параметров

На основании полученных регрессионных моделей был построен совмещенный график (рис. 4) зависимости критериев оптимизации от входных параметров эксперимента для нахождения зоны оптимума.

Физико механические свойства высокообъемной комбинированной нити представлены в таблице 6.

Полученные данные свидетельствуют о том, что происходит увеличение объемности с 8,47 см³/г до 23,37 см³/г, которое достигается при мощности СВЧ 1000 Вт и времени 150 с. Использование токов СВЧ в процессе тепловлажностной обработки пряжи и нитей повышает их диаметр, объемность, улучшают внешний вид и эксплуатационные свойства. Так же СВЧ-нагрев обеспечивает внутренний прогрев во-

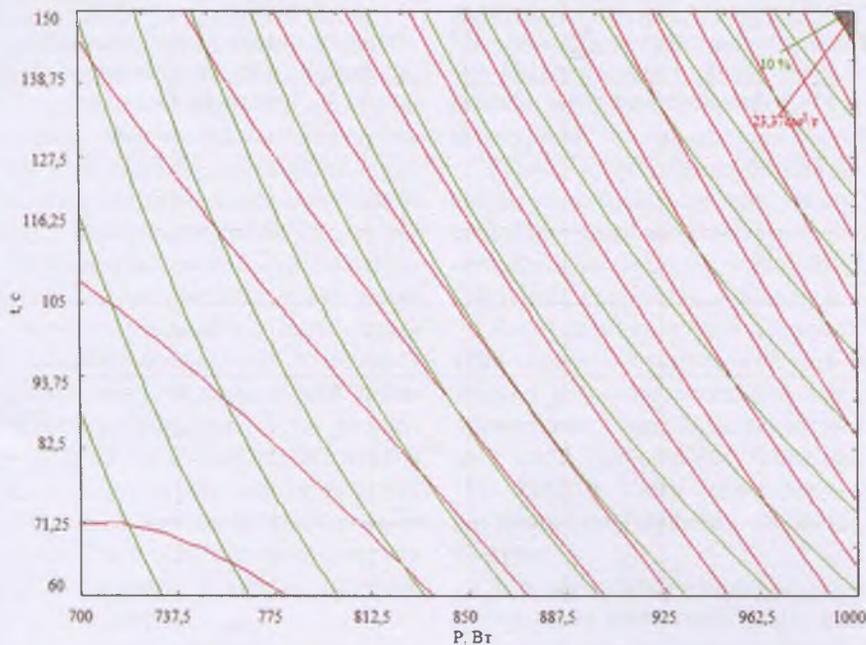


Рис. 4. Совмещенный график зависимости критериев оптимизации от входных параметров

локон, что препятствует повреждению волокон в результате перегрева.

Представленный технологический способ получения комбинированных нитей с использованием токов СВЧ дает возможность получать высокообъемные нити в широком диапазоне линейных плотностей при значительном уменьшении экономических затрат на тепловлажностную обработку.

Выводы

Проведены экспериментальные исследования по повышению объемности комбинированных нитей с использованием комплексной высокоусадочной нити, а также замене традиционного способа тепловлажностной обработки на использование токов СВЧ. В результате проведенных экспериментов были построены графики зависимости усадки, объемности от мощности СВЧ-излучения и времени тепловлаж-

ностной обработки. Полученные нити соответствуют требованиям, предъявляемым к данным видам пряжи и нитям и могут составить конкуренцию аналогичной продукции, выпускаемой на предприятиях РБ и зарубежных стран.

Список литературы

1. Коган А. Г. Производство комбинированной пряжи и нити. М., 1981. 143 с.
2. Коган А. Г. Производство комбинированных нитей аэродинамическим способом. Витебск: УО «ВГТУ», 1988.
3. Усенко В. А., Родионов В. А., Усенко Б. В., Слываков В. Е., Михайлов Б. С. Прядение химических волокон. М.: МГТА, 1999. 472 с.
4. Бизюк А. Н., Жерносек, С. В., Ольшанский, В. И., Ясинская, Н. Н., Коган А. Г. Интенсификация процесса термообработки химических высокоусадочных нитей // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2014. Вып. 27. С. 9–16.

A. S. Kulandin, A. G. Kogan

Vitebsk State Technological University
210035, Republic of Belarus, Vitebsk, Moscow Avenue, 72

Investigation of the process of increasing the volume of the aerodynamic combined half-woolen filament using electromagnetic waves of the ultrahigh-frequency range

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 obtained. The purpose of this study is to increase the volume of the combined yarn with the use of electromagnetic waves in 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. The recommended parameters are the duration of heat and moisture treatment 120–150 seconds, the microwave radiation power in the chamber is 800–850 W.

Keywords: high bulk yarn, high shrinkage yarn, microwave electromagnetic waves, shrinkage, diameter, volume.

References

1. Kogan A. G. *Proizvodstvo kombinirovannoi pryaji i niti*. [Manufacture of combined yarn]. Moscow, 1981, 143 p. (In Rus.)
2. Kogan A. G. *Proizvodstvo kombinirovannih nitei aerodinamicheskim sposobom*. [Production of combined filaments by air-jet means]. Vitebsk: VSTU, 1988. (In Rus.)
3. Usenko V. A., Rodionov V. A., Usenko B. V., Slyvakov V. E., Michailov B. S. *Pryadenie himicheskikh volokon*. [Spinning of chemical fibers]. Moscow: MGTA, 1999. 472 p. (In Rus.)
4. Bizyuk A. N., Zhernosek S. V., Yasinskaya N. N., Olshansky V. I., Kogan A. G. Intensification of the heat treatment process of chemical high shrinkage yarns. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. [Vestnik of Vitebsk State Tehnological University]. 2014. No 27. 9–16 pp. (In Rus.)