

УДК 677.027.162

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УСАДКИ  
КОМБИНИРОВАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЯ**

**MODELING OF SHRINKAGE  
OF COMBINED TEXTILE MATERIALS  
UNDER THE IMPACT OF MICROWAVE RADIATION**

*А.Н. БИЗЮК, С.В. ЖЕРНОСЕК, Н.Н. ЯСИНСКАЯ, В.И. ОЛЬШАНСКИЙ, А.Г. КОГАН*  
*A.N. BIZYUK, S.V. ZHERNOSEK, N.N. YASINSKAYA, V.I. OLSHANSKIY, A.G. KOGAN*

**(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)**  
**(Vitebsk State Technological University, Belarus)**  
E-mail: vstu@vstu.vitebsk.by

*В работе проведено экспериментальное исследование и моделирование процесса усадки комбинированных высокоусадочных нитей различной линейной плотности в условиях воздействия СВЧ-излучения; получена математическая модель зависимости усадки от основных режимов СВЧ-обработки.*

*Experimental studies and modeling of combined high shrinkage yarns of different linear density under the effect of microwave radiation conducted in this work; the mathematical model of shrinkage depending on the basic parameters of the microwave treatment was obtained.*

**Ключевые слова:** текстильные материалы, моделирование, высокообъемная пряжа, химические высокоусадочные нити, электромагнитные волны СВЧ, усадка.

**Keywords:** textile fabrics, modeling, chemical high volume yarn, microwave electromagnetic waves, shrinkage.

Принцип изготовления текстильных материалов, обладающих специфическими свойствами (высокой усадкой и повышенной объемностью), заключается в смешивании высокоусадочных (с усадкой 20...60%) и низкоусадочных волокон и нитей. После совместной термовлажностной обработки

получается текстильный материал, обладающий способностью увеличивать свой объем в результате термовлажностной обработки в свободном (ненатянута) состоянии. При этом высокоусадочный компонент укорачивается (усаживается), принимая более определенную ориентацию по

оси материала. Низкоусадочный компонент располагается вокруг высокоусадочного, принимая менее ориентированное положение в том же направлении. Это придает материалу большую пушистость, объемность, значительно уменьшает объемную массу и увеличивает поперечные размеры.

При производстве высокообъемных текстильных материалов из натуральных и химических волокон основным процессом является процесс терморелаксации высокоусадочного компонента и повышение объемности путем обработки в среде горячего воздуха или пара.

Анализ результатов экспериментальных исследований, представленных в работе [1], показывает, что для достижения равновесного значения усадки и максимальной объемности текстильных материалов, содержащих высокоусадочный компонент, в условиях конвекции требуется значительная затрата энергии и продолжительности термообработки.

Одним из способов повышения качества и интенсификации процессов повышения объемности текстильных материалов является использование электромагнитных волн сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона. Преимущество СВЧ-нагрева по сравнению с конвективным способом подвода тепла обусловлено возможностью равномерного и быстрого нагрева текстильных материалов как малой, так и большой поверхностной плотности [2...4].

Целью работы является разработка математической модели процесса терморелаксации текстильных материалов, содержащих высокоусадочный компонент в условиях воздействия электромагнитных волн сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона, обеспечивающего снижение энергоемкости технологического процесса формирования высокообъемных нитей.

В качестве объекта исследований выбран технологический процесс повышения объемности комбинированных высокоусадочных нитей из натуральных и химических волокон.

Основными показателями, характеризующими комбинированную высокоусадочную нить, являются усадка и объемность.

Эти показатели зависят от свойств исходных нитей и волокон: способности к усадке, количественного соотношения низко- и высокоусадочного компонентов, линейной плотности, гигроскопических характеристик, а также от способа и режимных параметров формирования.

Усадка представляет собой способность нитей при определенных условиях (характер воздействия, влажность, температура, продолжительность воздействия, среда) изменять свои размеры. Ее определяют по формуле:

$$U = (L_1 - L_2)/L_1 \cdot 100, \quad (1)$$

где  $L_1$  и  $L_2$  — первоначальная длина отрезка нити и длина нити после термообработки.

Усадка нити происходит вследствие перегруппировки в ней молекул. Такая перегруппировка обусловлена, с одной стороны, релаксационными процессами, приводящими молекулы в состояние равновесия после снятия напряжений, которые возникают при изготовлении высокоусадочной нити ("холодном" вытягивании), с другой стороны, — набуханием нитей, вызывающим ослабление связей между макромолекулами. Так как усадка связана с проникновением воды вглубь нити, то присутствие гидрофильных волокон должно вызывать увеличение усадочных свойств комбинированной высокоусадочной нити. На способность комбинированных нитей усаживаться оказывает влияние ряд факторов, определяющих сопротивление усадке: состав и свойства низкоусадочного компонента, трение между волокнами и нитями, состав и структура комбинированной нити, которая зависит от способа прядения [1], [2].

Методика проведения исследований процесса усадки комбинированных нитей различной линейной плотности с использованием электромагнитных волн СВЧ состояла из следующих этапов.

1. Подготовка образцов согласно ГОСТу 6611.0–73.

2. Увлажнение комбинированных высокоусадочных нитей до избыточного влаго содержания.

3. Отжим до остаточного влагосодержания 100...300%.

4. СВЧ-обработка при заданных режимах.

5. Определение линейной усадки образцов.

Экспериментальные исследования изменения усадочных свойств комбинированных высокоусадочных нитей проводили в процессе СВЧ-нагрева их в свободном состоянии (без натяжения) при заданных режимах обработки: мощность 450, 650, 850 Вт и продолжительность нагрева 100, 200 и 300 с. Исследование усадки осуществляли согласно ГОСТу 16294–79. Образцы с начальной длиной 1 м помещали в СВЧ-установку, где проводили термообработку при различных режимах. После СВЧ-воздействия исследовалось изменение длины образца и рассчитывалась величина усадки по формуле (1).

Влагосодержание образцов комбинированных высокоусадочных нитей определяли весовым способом. Режимные пара-

метры обработки задавали с помощью настроек СВЧ-установки. В каждом опыте исследовали не менее 5 образцов комбинированной нити. Результаты исследований усреднялись.

Обработку результатов экспериментальных исследований усадки с использованием электромагнитных волн СВЧ-диапазона проводили с помощью разработанной компьютерной программы.

Для экспериментальных исследований выбраны комбинированные высокоусадочные нити линейной плотности 35, 42 и 47 текс. Комбинированные высокоусадочные нити получали на прядильно-крутильной машине ПК-100.

В качестве высокоусадочного компонента использовали полиэфирную комплексную нить, полученную на ПО "Химволокно" (г. Светлогорск, Республика Беларусь) способом физической модификации. Физико-механические свойства полиэфирной комплексной нити ТУ 13–0204056–43–90 представлены в таб. 1.

Таблица 1

Показатель	Значение показателя
Номинальная линейная плотность нити, текс	16,8
Удельная разрывная нагрузка, мН/текс	335
Удлинение нити при разрыве, %	17
Линейная усадка, %	Не менее 40
Количество пневмосоединений	10
Массовая доля замасливателя, %	0,3
Фактическая влажность, %	До 2

В качестве низкоусадочного компонента использовали хлопковую ровницу гребенной системы прядения линейной плотности 250 текс, выработанную на

Гродненском ПХБО (г. Гродно, Республика Беларусь). Характеристики хлопкового волокна приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатель	Значение показателя
Штапельная длина, мм	34,1...40,8
Линейная плотность, мтекс	85...184
Разрывная нагрузка, сН	3...4,5
Относительная разрывная нагрузка, сН/текс	20,3...35,2

Для построения математической модели зависимости усадки комбинированных высокоусадочных нитей от технологических параметров процесса были определены виды зависимости усадки от каждого из па-

раметров по отдельности (начальная влажность и линейная плотность нити, мощность и продолжительность СВЧ-обработки). Общая математическая модель усадки найдена в результате объединения

частных моделей от каждого из перечисленных параметров [2], [4]. Значения коэффициентов модели получены в результате

$$s = \frac{\tau}{(0,00345\tau + 0,18)} \frac{P}{(0,00199P^2 + 9,4P + 805)} \times \frac{W}{(0,00239W^2 + 0,679W + 255)} \frac{1}{(0,00407D + 0,325)}, \quad (2)$$

где  $s$  – относительная усадка, %;  $\tau$  – время термообработки, с;  $P$  – мощность излучения, Вт;  $W$  – относительная влажность образцов до термообработки, %;  $D$  – линейная плотность комбинированной высокоусадочной нити, текс.

регрессионного анализа с применением метода наименьших квадратов [4]:

На рис. 1 изображены зависимости усадки комбинированной высокоусадочной нити линейной плотности 35 текс от режимов процесса термообработки при воздействии СВЧ-излучения при начальной влажности 100, 200 и 300%.

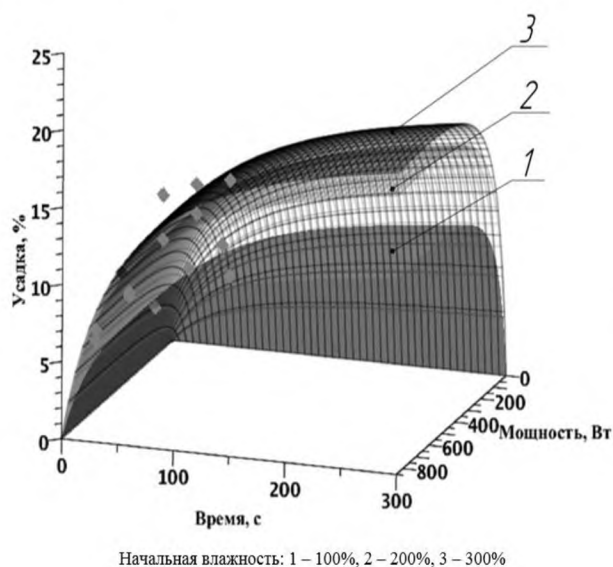


Рис. 1

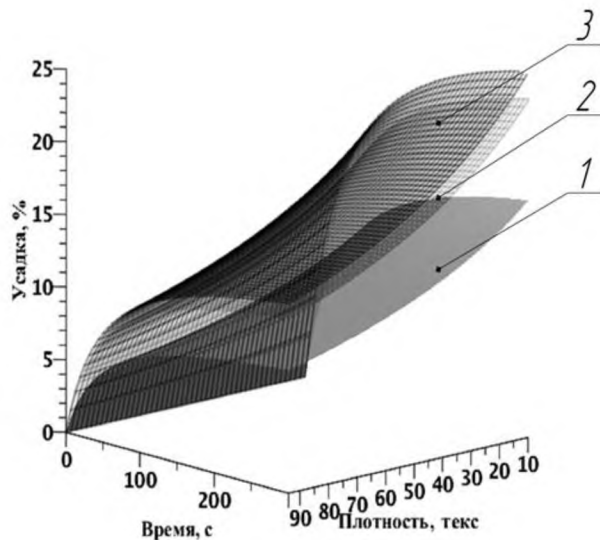


Рис. 2

На рис. 2 изображены зависимости усадки высокоусадочной нити от линейной плотности и времени обработки при воздействии СВЧ-излучения мощностью 650 Вт при начальной влажности 100, 200 и 300%.

Анализ рис. 1 и 2 позволяет сделать вывод о том, что при одинаковых значениях режимных параметров процесса термообработки увеличение начальной влажности образцов приводит к повышению усадки, при этом комбинированные нити большей линейной плотности получают меньшую усадку [2], что объясняется возрастанием сил сопротивления усадке за счет большего содержания низкоусадочного компонента – хлопкового волокна.

Для мощности СВЧ-излучения 450 Вт зависимости усадки комбинированных нитей различной линейной плотности от времени обработки при различной начальной влажности представлены на рис. 3 (влияние начальной влажности образцов различной линейной плотности на величину усадки при мощности СВЧ 450 Вт: 1 – влажность 100%; 47 текс; 2 – влажность 100%; 42 текс; 3 – влажность 100%; 35 текс; 4 – влажность 150%; 47 текс; 5 – влажность 150%; 42 текс; 6 – влажность 150%; 35 текс; 7 – влажность 200%; 47 текс; 8 – влажность 200%; 42 текс; 9 – влажность 200%; 35 текс).

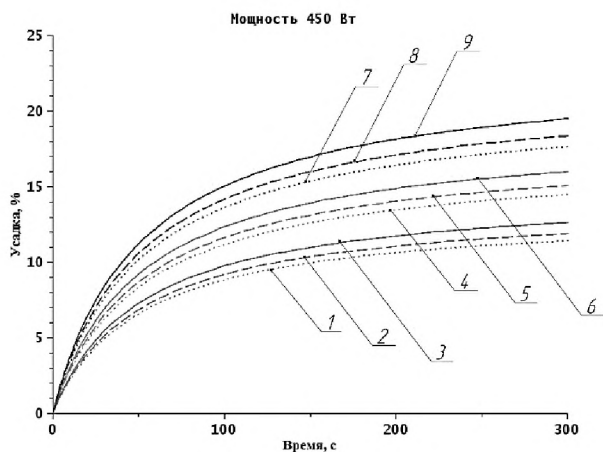


Рис. 3

На рис. 4 изображены зависимости усадки комбинированной высокоусадочной нити линейной плотности 35 текс от режимов процесса термообработки при воздействии СВЧ-излучения при различной мощности СВЧ-излучения.

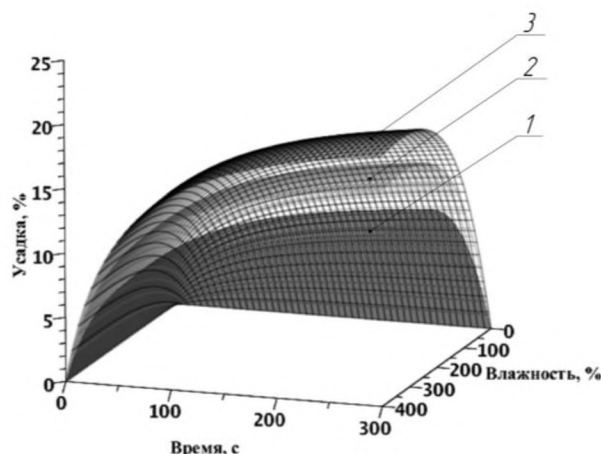


Рис. 4

Установлено, что при одинаковых значениях начальной влажности и времени обработки увеличение мощности СВЧ-излучения приводит к повышению усадки [2].

## ВЫВОДЫ

1. В результате экспериментальных исследований процесса усадки комбинированных высокоусадочных нитей линейной плотности 35, 42 и 47 текс установлено, что терморелаксация высокоусадочного компонента при воздействии электромагнитных волн СВЧ-диапазона позволяет интен-

сифицировать процесс терморелаксации (усадки), уменьшить продолжительность прогревания в 2 раза по сравнению с традиционным способом подвода тепла.

2. Получена математическая модель зависимости усадки комбинированной высокоусадочной нити от линейной плотности, начальной влажности, мощности и продолжительности СВЧ-обработки, позволяющая рассчитывать рациональные режимы терморелаксации высокоусадочного компонента.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ясинская Н.Н. Разработка и исследование технологического процесса получения комбинированных высокоусадочных нитей: Дис.... канд. техн. наук. – Витебск: ВГТУ, 2000.
2. Бизюк А.Н., Жерносек С.В., Ольшанский В.И., Ясинская Н.Н. Интенсификация процесса термообработки химических высокоусадочных нитей // Вестник Витебского гос. технолог. ун-та. – 2014. Вып. 27. С. 9...17.
3. Бизюк А.Н., Жерносек С.В., Ольшанский В.И., Ясинская Н.Н. Исследование пропитки текстильных материалов в поле СВЧ-излучения // Вестник Витебского гос. технолог. ун-та. – 2014. Вып. 26. С. 21...28.
4. Бизюк А.Н., Жерносек С.В., Ольшанский В.И., Ясинская Н.Н. Моделирование процесса пропитки текстильных материалов под действием СВЧ-излучения // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2014.
5. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1980.

## REFERENCES

1. Jasinskaja N.N. Razrabotka i issledovanie tehnologicheskogo processa poluchenija kombinirovannyh vysokousadochnyh nitej: Dis.... kand. tehn. nauk. – Vitebsk: VGTU, 2000.
2. Bizjuk A.N., Zhernosek S.V., Ol'shanskij V.I., Jasinskaja N.N. Intensifikacija processa termoobrabotki himicheskikh vysokousadochnyh nitej // Vestnik Vitebskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2014. Vyp. 27. S.9...17.
3. Bizjuk A.N., Zhernosek S.V., Ol'shanskij V.I., Jasinskaja N.N. Issledovanie propitki tekstil'nyh materialov v pole SVCh-izluchenija // Vestnik Vitebskogo gos. tehnolog. un-ta. – 2014. Vyp. 26. S.21...28.
4. Bizjuk A.N., Zhernosek S.V., Ol'shanskij V.I., Jasinskaja N.N. Modelirovanie processa propitki tekstil'nyh materialov pod dejstviem SVCh-izluchenija // Izv. vuzov. Tehnologija legkoj promyshlennosti. – 2014.

5. Sevost'janov A.G. Metody i sredstva issledovanija mehaniko-tehnologicheskikh processov tekstil'noj promyshlennosti. – M.: Legkaja industrija, 1980.

Рекомендована кафедрой технологии и оборудования машиностроительного производства. Поступила 13.04.16.

---