

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА В ТЕХНОЛОГИЯХ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНОЙ ОТДЕЛКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

### EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF USING ELECTROMAGNETIC WAVES OF THE ULTRA-FREQUENCY RANGE IN THE FINISHING TECHNOLOGIES OF TEXTILE MATERIALS

УДК 677.0247-947:677.027:537.6

Н.Н. Ясинская\*, Н.В. Скобова

Витебский государственный технологический университет

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13817>

N. Yasinskaya\*, N. Skobova

Vitebsk State Technological University

## РЕФЕРАТ

*ПРОПИТКА, ВИСКОЗНАЯ ТКАНЬ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ, СВЧ-ИЗЛУЧЕНИЕ, СУШКА, ТЕРМОФИКСАЦИЯ*

*Некоторые этапы технологии заключительной отделки текстильных материалов большой толщины и поверхностной плотности – сушка и термофиксация – сопряжены с рядом проблем, особенно при использовании в качестве аппрета растворов водных дисперсий полимеров. Проявляется это в виде миграции частиц дисперсной фазы к поверхности текстильного полотна под действием теплового потока и образованию пленки. Это приводит к ухудшению эксплуатационных и специальных свойств готового изделия. Решением данной проблемы является использование для сушки электромагнитного излучения сверхвысокочастотного диапазона. Проведены исследования процесса сушки и термофиксации текстильных тканей полотен поверхностной плотностью 460 г/м<sup>2</sup> из вискозных нитей в среде электромагнитного излучения СВЧ-диапазона. Структурный анализ срезов полученных полотен доказал эффективность применения нового способа термообработки в сравнении с конвективной сушкой.*

## ABSTRACT

*IMPREGNATION, TECHNICAL VISCOSE CLOTH, MICROWAVE RADIATION, DRYING, HEAT FIXATION*

*Some stages of the finishing technology of high thickness and surface density textiles such as drying and thermal fixing have a number of problems, especially when using solutions of aqueous polymer dispersions as an application. This manifests itself in the form of migration of particles of the dispersed phase to the surface of the textile web under the influence of heat flow and film formation. This results in deterioration of the operational and special properties of the finished product. A solution to this problem is to use ultra-high frequency electromagnetic radiation for drying. The process of drying and thermal fixing textile woven fabrics with surface density of 460 g/m<sup>2</sup> from viscose filaments in the medium of electromagnetic radiation of microwave range was investigated. Structural analysis of the sections of the obtained fabrics proved the effectiveness of the new heat treatment method compared to convective drying.*

## ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей операцией химической технологии текстильных материалов является заключительная отделка. Как известно [1], задачей заключительной отделки является улучшение потребительских свойств и внешнего вида тек-

стильных материалов, обеспечение долговечности и надежности изделий из них. Однако современные условия жизни человека и уровень развития техники и технологий диктуют новые требования к изделиям из текстиля. В зависимости от назначения и области применения к

\* E-mail: [yasinskayann@rambler.ru](mailto:yasinskayann@rambler.ru) (N. Yasinskaya)

традиционным потребительским и эксплуатационным свойствам материалов добавляются специфические: водоотталкивание, огнестойкость, бактерицидность, антистатичность и другие. С целью придания заданных свойств материалы подвергают аппретированию специальными химическими препаратами, которые представлены на рынке текстильной химии в виде водных дисперсий полимеров. Преимуществом дисперсий полимеров перед растворами является их негорючесть, нетоксичность, малая вязкость. Недостаток использования дисперсий проявляется в неравномерности распределения в объеме текстильного материала после сушки, особенно в случае материалов большой толщины и поверхностной плотности. При высушивании возникает проблема миграции частиц дисперсной фазы к поверхности текстильного полотна и образованию пленки. Это приводит к ухудшению физико-механических, эксплуатационных и специальных свойств готового материала. Кроме того, возникают проблемы при термофиксации, так как образующаяся на поверхности пленка при высоких температурах (170–180 °С) начинает разрушаться, что также приводит к ухудшению свойств и внешнего вида материалов. Устранение проблемы может быть достигнуто исполь-

зованием нетрадиционных способов подвода тепловой энергии для сушки, в частности, электромагнитного излучения сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона [2, 3].

Целью данного исследования является оценка эффективности и целесообразности применения электромагнитных волн СВЧ-диапазона в технологии заключительной отделки на этапе сушки и термофиксации текстильных материалов из химических нитей большой линейной плотности.

Объектом исследования является техническая ткань из вискозных нитей, используемая в качестве облицовочного материала (таблица 1). Для придания ткани требуемой жесткости и водо-, грязеотталкивающих свойств проводят ее аппретирование водной дисперсией акрилата с последующей сушкой и термофиксацией.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Тканое полотно из вискозных нитей пропитывалось водной дисперсией акрилата концентрацией 100 и 500 г/л, продолжительность пропитки составляла 10 минут, температура пропиточной ванны – 20 °С. Одна часть образцов подвергалась конвективной сушке при температуре 120 °С в течение 340–400 с, другая часть СВЧ-сушке при мощности 600 Вт в течение 90 с.

Таблица 1 – Физико-механические свойства технической ткани

Наименование параметра	Значение параметра
Переплетение	креповое
Сырьевой состав	вискоза 100 %
Линейная плотность нитей, <i>текс</i> :	
– основы	195,0
– утка	380,0
Ширина суровой тканой основы, <i>см</i>	282,4
Плотность, <i>нит/10 см</i> :	
– по основе	105
– по утку	95
Поверхностная плотность, <i>г/м<sup>2</sup></i>	460,0
Разрывная нагрузка, <i>Н</i> :	
– по основе	1678,0
– по утку	1346,0
Разрывное удлинение, %:	
– по основе	5,2
– по утку	11,8

Продолжительность, температура пропитки и сушки выбирались в соответствии с рекомендациями производителей по использованию водной дисперсии акрилата.

Для исследования качества пропитки использован метод послойного анализа, позволяющий судить о равномерности распределения дисперсии по объему ткани [4, 5]. Количество отложившейся дисперсионной фазы определялось на уточных нитях длиной 10 см, взятых из различных слоев пропитанного полотна, путем их взвешивания и вычитания из найденного значения веса таких же нитей, взятых из непропитанного тканого полотна. Взвешивание нитей осуществлялось на лабораторных аналитических весах с точностью 0,0001 г. Применение вискозных нитей при изготовлении технической ткани позволяет минимизировать погрешность по массе отрезков нитей от неровности по линейной плотности.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Результаты проведенных экспериментов представлены на рисунках 1, 2.

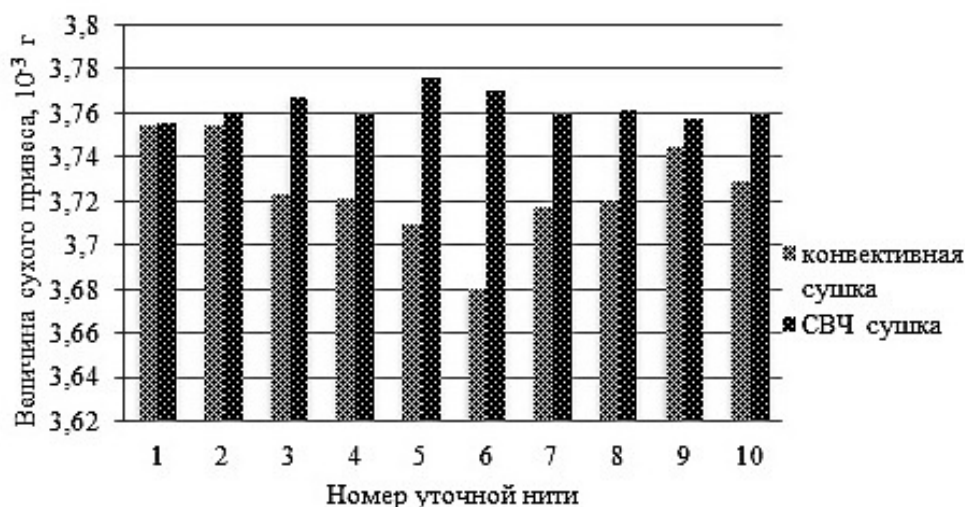


Рисунок 1 – Величина сухого привеса нитей тка тканого полотна при концентрации дисперсии 100 г/л

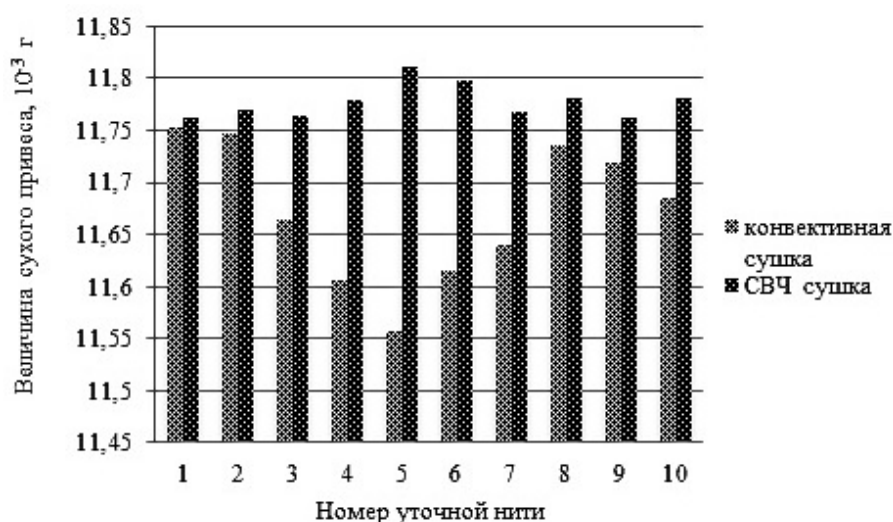


Рисунок 2 – Величина сухого привеса нитей тка тканого полотна при концентрации дисперсии 500 г/л

Как видно из представленных диаграмм, в случае конвективной сушки количество отложившейся дисперсной фазы в глубинных слоях материала меньше, чем в поверхностных. Это подтверждает миграцию частиц водной дисперсии полимера к поверхностным слоям вместе с удаляемой при конвективной сушке влагой. При СВЧ-сушке влага удаляется в виде пара, не увлекая дисперсную фазу к поверхности материала.

Так как сушка осуществляется изнутри наружу, поверхность материала остается «холодной» и влажной до тех пор, пока изнутри больше не добавится пара и поверхность не начнет сохнуть. Это предотвращает, во-первых, преждевременное образование полимерной пленки, которая препятствует сушке глубинных слоев, во-вторых, длительное действие высоких температур на волокнообразующий полимер и частицы полимерного связующего, которое вызывает деструкцию волокна и полимера, в результате чего происходит ухудшение свойств готового материала.

Эффективность СВЧ-обработки подтвердилась исследованиями процесса сушки ткани из вискозных нитей поверхностной плотности 460 г/м<sup>2</sup> (таблица 2).

Образованная после сушки пленка полимер-

ного связующего характеризуется наличием нескоагированных глобул, неоднородной структурой, что не обеспечивает придание требуемых свойств готовому материалу. Следующая после сушки операция – термофиксация – необходима для структурирования полимерной пленки на поверхности волокнистого материала, что достигается при температуре 160–180 °С. В процессе термофиксации материал приобретает такие специальные свойства, как жесткость, водо-, грязеотталкивание.

Для подтверждения эффективности использования энергии волн СВЧ-диапазона при термофиксации проведены экспериментальные исследования зависимости жесткости пропитанного полимерной дисперсией тканого полотна из вискозных нитей от продолжительности СВЧ-нагрева, с последующим сравнением с эталонным образцом (материал, подготовленный по традиционной технологии: плюсование аппретом и последующей конвективной сушкой и термофиксацией).

В таблице 3 представлена последовательность операций и режимы формирования специальных свойств эталонного образца и объекта исследований.

Таблица 2 – Сравнительный анализ конвективной и СВЧ сушки технической ткани из вискозных нитей

Наименование показателя	Концентрация дисперсии 100 г/л		Концентрация дисперсии 500 г/л	
	конвективная сушка	СВЧ-сушка (600 Вт)	конвективная сушка	СВЧ-сушка (600 Вт)
Продолжительность сушки, с	340	90	400	90
Содержание дисперсной фазы в количестве дисперсии, соответствующей привесу нитей, %	16,2		35,5	
Общее количество адсорбированной дисперсии на нитях при традиционной пропитке, % от массы сухих нитей	9,5	9,6	29,8	30,0
Общее количество адсорбированной дисперсии на нитях при СВЧ-сушке, % от массы сухих нитей	–	14,3	–	32,8
Относительный прирост количества адсорбированной дисперсии, %	–	48,9	–	9,3
Коэффициент вариации величины сухого привеса уточных нитей по слоям, %	0,65	0,17	0,54	0,12

Таблица 3 – Последовательность операций при формировании

Традиционная технология	Формирование в условиях СВЧ-обработки
Пропитка дисперсией акрилата (200 г/л) $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\tau = 600\text{ с}$	
Отжим – 80 % влагосодержания	
Сушка $t = 140\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; $\tau = 360\text{ с}$	СВЧ-обработка $P_{\text{зетт}} = 300\text{ Вт}, 600\text{ Вт}, 850\text{ Вт}, \tau = 90\text{ с}$
Термофиксация $t = 170\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\tau = 120\text{ с}$	–

Графическая зависимость показателя жесткости ткани от продолжительности термофиксации представлена на рисунке 3. Вид полученных зависимостей свидетельствует о том, что процесс СВЧ-обработки протекает в две стадии. Как видно, на начальном этапе обработки происходит сушка ткани и показатель жесткости изменяется незначительно. Продолжительность этой стадии составляет 25–50 с в зависимости от мощности СВЧ-излучения.

Сушка происходит в режиме запаривания, что облегчает диффузию дисперсных частиц полимера в волокнистый материал за счет пластифицирующего действия водяного пара.

Вторая стадия соответствует операции термофиксации. Скорость изменения показателя жесткости при СВЧ-нагреве значительно выше, чем при термообработке в среде горячего воздуха. Это можно объяснить большей скоростью диф-

фузии дисперсных частиц в структуру волокнистого материала и значительным разогревом в СВЧ-поле по всему объему.

Использование СВЧ-нагрева в технологии формирования специальных свойств позволяет совместить операции сушки и термофиксации, сократить продолжительность теплового воздействия на материал [6].

Результаты исследования процесса придания декоративной ткани водо-, грязеотталкивающих свойств (рисунок 4) показали, что краевой угол смачивания практически не отличается от значений по традиционной технологии (для полноты анализа пропитку материала проводили дисперсией акрилата с концентрацией 100, 200, 300, 400 и 500 г/л). Это связано с тем, что достижение необходимого эффекта отталкивания смачивающей жидкости не зависит от глубины и равномерности распределения гидрофобизато-

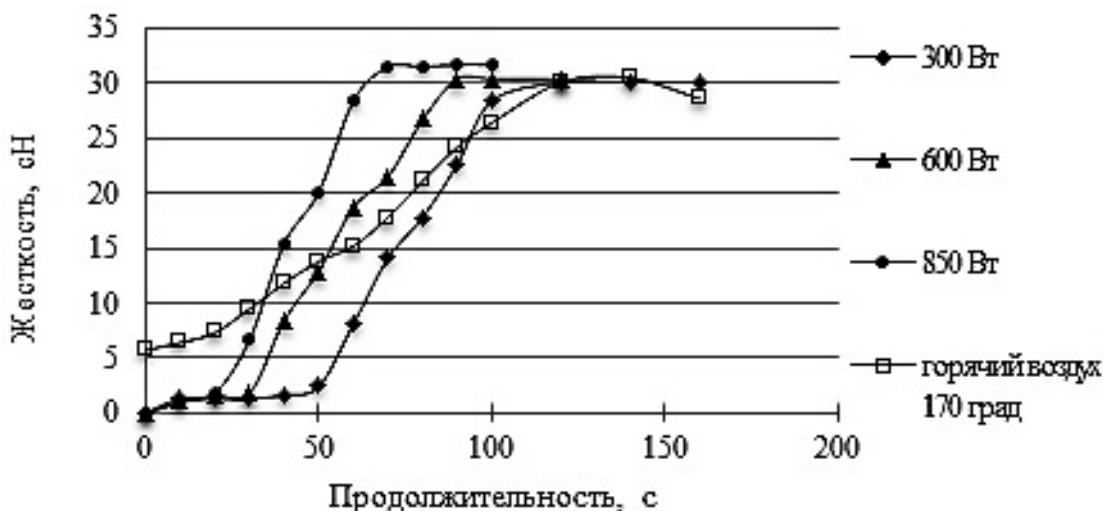


Рисунок 3 – Зависимость показателя жесткости ткани от продолжительности термофиксации

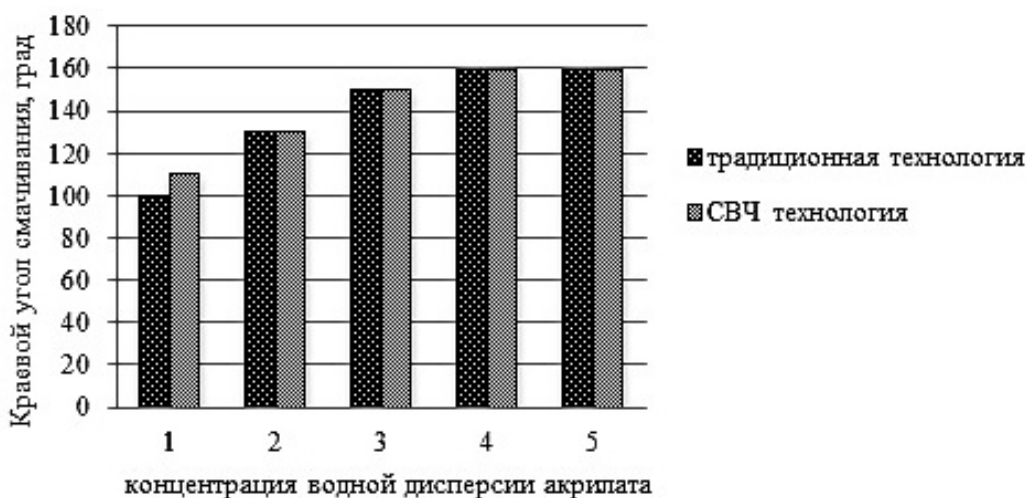


Рисунок 4 – Результаты исследования водо-, грязеотталкивающих свойств декоративной ткани: 1 – 100 г/л; 2 – 200 г/л; 3 – 300 г/л; 4 – 400 г/л; 5 – 500 г/л

ра. Образующаяся на поверхности пленка, даже в случае значительной миграции дисперсной фазы, создает требуемые показатели водоотталкивания. Однако, необходимый эффект достигается при значительном сокращении продолжительности термообработки.

#### ВЫВОДЫ

В результате сравнительного анализа сушки и термофиксации декоративных тканых полотен из вискозных нитей в условиях конвективной и СВЧ-обработки доказано преимущество последней, а именно:

- при пропитке тканого полотна в условиях СВЧ-обработки повышается степень полезного

использования водной дисперсии полимера, так как количество дисперсной фазы отложившейся на нитях немного ниже ее содержания в количестве дисперсии, соответствующей привесу нитей;

- в условиях СВЧ-сушки значительно снижается миграция дисперсной фазы к поверхностным слоям материала, о чем свидетельствует коэффициент вариации величины сухого привеса уточных нитей по слоям;

- доказана возможность совмещения операции сушки и термофиксации при использовании СВЧ-воздействия на текстильный материал.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кричевский, Г. Е. (2001), *Химическая технология текстильных материалов*, Т. 3, Москва, 298 с.
2. Сафонов, В. В. (2006), *Интенсификация химико-текстильных процессов отделочного производства*, Москва, 405 с.

#### REFERENCES

1. Krichevskij, G. E. (2001), *Himicheskaja tehnologija tekstil'nyh materialov* [Chemical technology of textile materials], V. 3, Moscow, 298 p.
2. Safonov, V. V. (2006), *Intensifikacija himiko-tekstil'nyh processov otdelochnogo proizvodstva* [Intensification of chemical-textile processes of finishing production], Moscow, 405 p.

3. Побединский, В. С. (2000), *Активирование процессов отделки текстильных материалов энергией электромагнитных волн ВЧ, СВЧ и УФ диапазонов*, Иваново, 128 с.
4. Воюцкий, С. С. (1969), *Физико-химические основы пропитывания и импрегнирования волокнистых систем водными дисперсиями полимеров*, Москва, 336 с.
5. Ясинская, Н. Н., Мuryчева, В. В. (2016), Исследование распределения дисперсии стиролакрилата по объему тканой основы при формировании текстильного композиционного материала, *Известия Высших учебных заведений. Технология легкой промышленности*, 2016, № 3, С. 36–39.
6. Ясинская, Н. Н., Ольшанский, В. И., Коган, А. Г. (2019), *Термообработка при формировании композиционных текстильных материалов*, Витебск, 162 с.
3. Pobedinskij, V. S. (2000), *Aktivirovanie processov otdelki tekstil'nyh materialov jenergiej jelektromagnitnyh voln VCh, SVCh i UF diapazonov* [Activation of the processes of finishing textile materials with the energy of electromagnetic waves of the high, microwave and UV ranges], Ivanovo, 128 p.
4. Vojuckij, S. S. (1969), *Fiziko-himicheskie osnovy propityvanija i impregnirovanija voloknistyh sistem vodnymi dispersijami polimerov* [Physico-chemical principles of impregnation and impregnation of fibrous systems with aqueous dispersions of polymers], Moscow, 336 p.
5. Yasinskaya, N. N., Murycheva, V. V. (2016), Investigation of the distribution of styrene-acrylate dispersion over the volume of the woven base during the formation of textile composite material [Issledovanie raspredelenija dispersii stirool-akrilata po obemu tkanoj osnovy pri formirovanii tekstil'nogo kompozicionnogo materiala], *Izvestija Vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija legkoj promyshlennosti – News of higher education institutions. Light Industry Technology*, 2016, No. 3, pp. 36–39.
6. Jasinskaja, N. N., Ol'shanskij, V. I., Kogan, A. G. (2019), *Termoobrabotka pri formirovanii kompozicionnyh tekstil'nyh materialov* [Heat treatment in the formation of composite textile materials], Vitebsk, 162 p.

Статья поступила в редакцию 09. 04. 2020 г.