

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ТЕХНИКИ  
В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**PRACTICAL USE OF HIGH-FREQUENCY  
TECHNOLOGY IN TEXTILE INDUSTRY**

*Ж.У. МЫРХАЛЫКОВ, Р.Т. КАЛДЫБАЕВ, Р.С. ТАШМЕНОВ, Г.Ю. КАЛДЫБАЕВА, Г.К. ЕЛДИЯР  
ZH.U. MYRKHALYKOV, R.T. KALDYBAEV, R.S. TASHMENOV, G.YU. KALDYBAEVA, G.K. YELDIYAR*

**(Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Республика Казахстан)  
(M.Auezov South Kazakhstan State University, Republic of Kazakhstan)**

E-mail: rashid\_cotton@mail.ru

*Диэлектрический нагрев является мощным и универсальным способом повышения эффективности практически любых технологических процессов, основанных на тепловлажностной обработке текстильных материалов. Более широкое внедрение ВЧ- и СВЧ-нагрева в текстильное производство связано с дальнейшим совершенствованием данного класса техники в направлении создания оборудования для непрерывной обработки текстильных материалов в виде расправленного полотна, что позволит использовать его в составе поточных линий, предназначенных для обработки тканей в различных операциях подготовки, крашения и заключительной отделки.*

*Dielectric heating is a powerful and versatile way to increase the efficiency of virtually all technological processes based on the heat and humidity treatment of textile materials. Wider application high frequency and ultra high frequency heating in the textile industry related to the further improvement of given type of techniques towards the creation of equipment for the continuous treatment of textile materials in the form of the expanded fabric, which will use it as part of the production lines intended for processing of fabrics in various operations of preparation, dyeing and final finishing.*

**Ключевые слова:** сверхвысокочастотное излучение, отбелка, текстильные материалы, сушка, щелочи, варка, белизна.

**Keywords:** ultra high frequency radiation, bleaching, textile materials, drying, alkalis, boiling, whiteness.

В настоящее время диэлектрический нагрев в текстильной промышленности используется в основном при сушке паковок, пряжи или рулонов ткани.

Данный факт обусловлен тем, что высокочастотная сушка является чисто физическим процессом и значительно проще поддается управлению и автоматизации при реализации в условиях массового производства. Для циклов подготовки, колорирования и заключительной отделки текстиля, в которых значительную роль играют также химические и физико-химические процессы, учесть все факторы, оптимизировать условия обработки и создать высокочастотное оборудование гораздо сложнее.

ВЧ-сушильные машины периодического и непрерывного действия выпускаются как за рубежом, так и в России. Высокочастотная сушка постоянно привлекает внимание предприятий, выпускающих или перерабатывающих нити в паковках. Высокочастотные устройства для сушки паковок обычно представляют собой установки конвейерного типа. В зависимости от габаритных размеров паковок, требований к конструкции сушильных камер и других факторов применяются различные схемы рабочих конденсаторов. При вертикальном расположении электродов облегчаются условия удаления пара, что обеспечивает высокую электрическую прочность рабочего конденсатора. Выбор расположения оси паковок относительно электродов зависит от габаритных размеров паковки, ее конструкции, требований к качеству сушки. Причем при горизонтальном расположении оси паковки конструкция рабочего конденсатора проще, чем при вертикальном. В последнем случае для обеспечения равномерности нагрева необходимо наряду с движением паковок вдоль конвейера осуществлять их вращение вокруг своей оси. Ввиду сложности конструкции конденсатора такого типа сушку вертикально расположенных паковок осуществляют иногда в конденсаторах с горизонтальными электродами. Верхние электроды (обычно высокопотенциальные) при этом

подогревают, чтобы на них не конденсировалась влага. Конвейер может быть выполнен как из изоляционного материала, перемещающегося над заземленным электродом, так и из металла [1].

За последние 5...10 лет наблюдается тенденция развития технологии обработок паковок, мотков, шпуль с большим весом и объемом, что значительно увеличивает время сушки материала традиционным конвективным способом. Высокочастотные сушилки и термоагрегаты полностью решают эту проблему. Полиэфирные, полиамидные, шерстяные, хлопковые, льняные полуфабрикаты или смесовые материалы в больших мотках или паковках предварительно обезвоживаются на центрифугах и подвергаются досушиванию или термообработке в высокочастотных установках, обеспечивая при этом равномерность сушки и термостабилизации, независимо от плотности намотки или толщины слоя обрабатываемого материала [2].

Наиболее мощной установкой для диэлектрического нагрева в настоящее время является установка для сушки нитей вискозного шелка в паковках марки ТШК 3,5-ИБ. Установка состоит из высокочастотного генератора мощностью 160 кВт, частотой 13,56 МГц и сушильной машины непрерывного действия. Рабочий конденсатор выполнен в виде вертикальных пластин-электродов, между которыми помещены паковки, имеющие поступательное и вращательное движение. Такая схема обеспечивает высокую интенсивность и равномерность сушки. Сушильная машина снабжена устройствами для автоматической загрузки и съема паковок. Производительность установки 3,5 т сухого шелка в сутки. Высокочастотный генератор снабжен системой регулирования и стабилизации анодного напряжения. Сушка паковок производится перед окраской нити. Для получения качественной окраски к высушенному материалу предъявляются жесткие требования в отношении равномерности усадки волокна и его влажности. Применение высокочастотной сушки вискозных текстильных нитей в паковках поз-

волило улучшить их качественные показатели, значительно сократить продолжительность сушки и производственные площади, улучшить санитарно-гигиенические условия труда. Применение высокочастотного метода нагрева коренным образом изменило технологию сушки паковок пряжи с прядильно-крутильных и других машин мокрого прядения. Конвективная сушка паковок пряжи с высокой плотностью (0,55...0,60 г/см<sup>3</sup>) требует перемотки пряжи на бобины мягкой мотки для обеспечения высушивания. Высокочастотная сушка в сочетании с обдувом горячим воздухом обеспечивает равномерное высушивание паковок с высокой плотностью в течение нескольких минут с высокой равномерностью. Исключение ряда операций и значительное сокращение трудовых затрат при ВЧ-сушке обеспечивают большой экономический эффект [3].

Машина для высокочастотной сушки ВЧД 17-60/13 конвейерного типа, разработанная во ВНИИТВЧ им. В.В. Вологодина и оснащенная генератором ВЧГ 8-60/13 (60 кВт, 13,56 МГц), может использоваться для сушки разнообразных текстильных материалов, начиная от нитей, ровницы или пряжи и заканчивая готовыми изделиями.

На выпуске ВЧ-сушильного оборудования за рубежом специализируется ряд машиностроительных фирм. Фирма Staiam (Италия) выпускает высокочастотные сушильные машины периодического и непрерывного действия, состоящие из нескольких сушильных секций, которые образуют общий тоннель.

Каждая сушильная камера имеет индивидуальный ВЧ-генератор, работа которого контролируется микропроцессором. Испарительная способность сушилки при мощностях 15 и 30 кВт – 18 и 36 кг воды в час соответственно. Также выпускаются машины для сушки и термостабилизации текстурированных полиэфирных материалов в жгуте. Материал входит в сушилку с влажностью 5...10%, высушивается и стабилизируется при температуре 1300°С, что значительно сокращает время обработки и повышает качество волокна.

Фирма Strayfield International (Англия) производит ВЧ-сушильные машины с мощностью от 25 до 150 кВт, которые широко применяются для сушки волокна, ленты, нитей в паковках, мотках и т.п. Производительность данного оборудования в зависимости от химической природы волокна составляет от 190 до 500 кг/ч. Английские фирмы Electricity Council Research и Greenbank-Darwen Engineering применяют комбинированный способ сушки текстильных материалов, который сочетает в себе диэлектрический нагрев с обработкой горячим воздухом, в результате чего производительность оборудования возрастает в 6 раз при одновременном снижении удельных энергозатрат в сравнении с традиционными способами сушки.

За рубежом широкое применение находит ВЧ/СВЧ-оборудование периодического действия, предназначенное как для сушки, так и для колорирования текстильных материалов. Созданы и серийно производятся ВЧ/СВЧ-установки для крашения объемных изделий. Процесс крашения волокнистого материала, пропитанного красильным раствором, производится в специальной камере. Аппарат для крашения волокна состоит из генератора ВЧ-колебаний, блока управления рабочей зоны – камеры, снабженной регулируемым электродным устройством. В межэлектродное пространство помещается емкость, выполненная из поглощающего и не отражающего высокочастотное излучение материала, которая заполняется красильным раствором и окрашиваемым волокном. Фиксация красителя волокнообразующим полимером достигается в результате объемного равномерного нагрева текстильного материала при воздействии ВЧ-излучения [4].

Устройство для периодической обработки рулонов ткани имеет цилиндрическую камеру для введения рулона ткани, навитой на ролик с внутренним электродом. Ролик с тканью, пропитанной красильным составом, приводится во вращение, при этом материал подвергается воздействию ВЧ-поля, создаваемого внутрен-

ним и наружным электродами. В установке предусмотрена система подачи в камеру водяного пара или горячего воздуха.

Фирмой Krantz (Германия) разработана серия машин для полунепрерывной и непрерывной сушки мотков и бобин пряжи. Установки могут быть использованы и для фиксации красителей. Стационарная секция-модуль машины состоит из ВЧ-генератора мощностью 45...60 кВт и рабочей камеры с управляемыми электродами. Материал вводится в рабочую зону при помощи ленточного транспортера. Управление машиной осуществляется микропроцессором по заданной программе, зависящей от типа обрабатываемого изделия.

Для экономии электроэнергии некоторые марки машин оснащены теплообменниками, через которые проходит отработанный и свежий воздух. В этом случае при работе машины в режиме сушки достигается 10%-ная экономия электроэнергии, а в режиме термообработки экономия составляет 25% [5].

Аналогичное устройство имеют машины фирмы Strayfield (Англия), предназначенные в основном для обработки пряжи в мотках и ткани врасправку. Основное отличие от машин Krantz состоит в форме рабочих электродов. Агрегаты Strayfield оснащаются электродами гребенчатого типа, которые создают электромагнитное поле в виде гирлянды, что наиболее выгодно для обработки тонких листовых материалов, в то время как фирма Krantz применяет плоскопараллельные электроды, пригодные для сушки крупногабаритных изделий. Управление машинами осуществляется микроЭВМ, регулируемым параметром в обоих случаях служит влажность материала.

Фирма Strayfield выпускает вакуумно-высокочастотные сушилки, в которых сушка осуществляется без предварительного обезвоживания [6]. На этих сушилках проводится стабилизация синтетических волокон в процессах текстурирования; дублирование и склеивание полиамидных и полихлорвиниловых пленок с текстильным материалом; крашение шерстяных волокон активными, металлокомплексными и хро-

мовыми красителями при температуре 600°C; непрерывное крашение шерстяного волокна активными красителями при 1000°C. Процессы термообработки (для фиксации активных и дисперсных красителей), термостабилизация синтетического или смесового материала, фиксация термореактивных смол требует температур в диапазоне 130...2000°C, чего не может обеспечить высокочастотная обработка при атмосферном давлении [7]. Поэтому повышение температуры производится путем установки паро- и электронагревателей в последующих секциях, где влагосодержание материала близко к нулю.

Фирма Dawson International разработала высокочастотную сушилку, комбинированную с вакуумной, для бобин на стержнях, а также для переводной печати. Пакетовка штучных изделий по 8...10 штук, проложенная переводной бумагой и разделительным материалом, обрабатывается в ВЧ-поле, создаваемом генератором мощностью 8 кВт, в течение 10 минут.

Известны также технические решения использования ТВЧ для крашения тканей из гидрофильных и гидрофобных волокон по непрерывной или периодической схемам. В первом случае отбеленную хлопчатобумажную ткань плюсоют водным раствором активного красителя и подвергают ВЧ-обработке на частоте 36 МГц в течение 45 с; во-втором – при колорировании полиэфирных волокон ВЧ-обработка обеспечивает увеличение растворимости дисперсных красителей в 20 раз, что позволяет проводить крашение при температурах, не превышающих 1000°C.

Среди применяемых установок СВЧ-нагрева в текстильной промышленности следует упомянуть установки для термофиксации синтетических канатов. Одна из таких установок с генератором мощностью 20 кВт длительное время работала на объединении "Нева" (г. Санкт-Петербург) [8].

Рабочая камера установки выполнена в виде круглого волновода с бегущей электромагнитной волной, имеющей центрально-симметричное распределение электрического поля. Вектор напряженности электрического поля направлен вдоль обраба-

тываемого изделия, расположенного по оси волновода в области с наибольшей плотностью энергии. Такая конструкция камеры обеспечивает высокую интенсивность и достаточную равномерность нагрева каната при обработке.

В работах [9...11] также приводятся данные для расчета ВЧ-аппликаторов для непрерывной обработки текстильных полотен. Показано, что наиболее простой конструкцией аппликатора для непрерывной обработки текстильных материалов является плоский конденсатор. Определение геометрических размеров электродов такого ВЧ-аппликатора производится по формуле для расчета емкостного сопротивления аппликатора ( $X_C$ ), заполненного обрабатываемым материалом, и исходя из величины выходного сопротивления генератора ( $R_{в.г}$ ).

Однако при плоскопараллельном расположении электродов на их поверхности происходит образование конденсата, который, попадая на обрабатываемую ткань, приводит к образованию брака [12].

Большими возможностями обладает конструкция аппликатора, позволяющая проводить непрерывную обработку расправленных полотен неограниченной длины, шириной до 300 мм. Авторами разработана конструкция ВЧ-аппликатора, в которой устранен указанный недостаток. ВЧ-аппликатор представляет собой чередующиеся высоко- и низкопотенциальные электроды, лежащие в одной плоскости, между которыми расположены металлические штыри, не имеющие электрического контакта ни с одним из электродов.

Данная установка может сочетаться с лабораторными плюсовкой и цепной сушильно-ширильной машиной фирмы Бенц [13], [14].

В приведенном случае расстояние между каждой соседней парой электродов одинаково. Следовательно, на протяжении всей длины рабочей зоны данного устройства напряженность поля остается неизменной, в то время как диэлектрические свойства обрабатываемого материала ( $\text{tg}\delta$  и  $\epsilon$ ) изменяются от входа к выходу аппликатора. Вследствие непостоянства диэлек-

трических свойств материала в ходе его обработки может возникнуть рассогласование системы ВЧ-генератор – нагрузка. Поэтому в дальнейшем представляется возможным усовершенствовать конструкцию ВЧ-аппликатора.

## ВЫВОДЫ

Проведенный анализ научной литературы и патентная проработка показали, что в текстильной промышленности ВЧ/СВЧ-оборудование достаточно широко используется для сушки объемных материалов периодическим и полунепрерывным способами. Следует отметить, что до настоящего времени еще не создано промышленно выпускаемого СВЧ-оборудования непрерывного действия для обработки расправленных текстильных полотен. Разработка подобного оборудования невозможна без проведения исследований, выявляющих влияние энергии СВЧ-поля на состояние волокнообразующих полимеров, пропитанных различными технологическими растворами. Одной из задач является создание методики, позволяющей унифицировать подход к созданию СВЧ-оборудования для обработки текстильных полотен различной поверхностной плотности и толщины.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мельников Б.Н. Теория и практика высокоскоростной фиксации красителей на текстильных материалах. – М.: Легпромбытиздат, 1987.
2. Лебедев В.В., Фомченкова Л.Н., Шамис И.А. Пути развития текстильной и легкой промышленности // Директор. – 2004, февраль.
3. Katovic D., Kovacevic S., Bisch of Vukusic S., Schwarz I., Flinec Grgac S. Influence of Drying on Psysico-mechanical Properties of Sized Yarn // Tekstil. – 2007, № 56,8. P.479...486.
4. Potapov V., Yakushenko E. Modeling of the drying process with Pre-Heating. // Industrial Technology and Engineering. – Shymkent, 2013, №2 (07). P. 10...16.
5. Никифоров А.Л. Использование энергии электромагнитных колебаний для интенсификации химико-текстильных процессов и создания на их основе энерго- и ресурсосберегающих технологий: Дис.... докт. техн. наук. – Иваново, 2004.

6. Briggs-Goode & Townsend. Textile Design. - 1st Edition // Principles, Advances and Applications. - 2011.

7. Аширбекова Г.Ш., Сатаев М.И., Джанпаинова В.М., Елдияр Г.К. Исследования влияния физико-химических параметров на скорость процесса адсорбции красителей активированными углями // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, №6. С. 99...102.

8. Moses J.J. Effect of pH in Bleaching of Cotton using Peracetic Acid // Textile Dyerand Printer. – Vol.12(1), 1994. P. 11.

9. Рогов И.А., Некрутман С.В., Лысов Г.В. Техника сверхвысокочастотного нагрева пищевых продуктов. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.

10. Rao J.V. Developments in Grey Preparatory Processes of Cotton Textile Materials // Indian Journal of Fibre and Textile Research. – Vol.26(2), 2001. P. 78.

11. Križman P., Kovač F., Tavčer P.F. Bleaching of cotton fabric with peracetic acid in the presence of different activators // Coloration Technology. – Vol. 121, № 6, 2005. P. 304...309.

12. Кутякова О.Г., Никифоров А.Л., Блиничева И.Б. Оптимизация процесса высокочастотной фиксации красителей на хлопчатобумажных тканях // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, №1. С. 49...52.

13. Preša P, Tavčer P.F. Low water and energy saving process for cotton pretreatment // Textile Research Journal. – Vol. 79, №1, 2009 P. 76...88.

14. Сабырханова М.Д., Елдияр Г.К., Байболов К.С. Исследования микроструктуры хлопчатобумажных тканей, отбеленных с использованием химической и ферментной добавок. – 2015, №1. С. 76...79.

#### REFERENCES

1. Mel'nikov B.N. Teorija i praktika vysokoskorostnoj fiksacii krasitelej na tekstil'nyh materialah. – М.: Legprombytizdat, 1987.

2. Lebedev V.V., Fomchenkova L.N., Shamis I.A. Puti razvitija tekstil'noj i legkoj promyshlennosti // Direktor. – 2004, fevral'.

3. Katovic D., Kovacevic S., Bisch of Vukusic S., Schwarz I., Flinec Grgac S. Influence of Drying on Pysico-mechanical Properties of Sized Yarn // Tekstil. – 2007, № 56,8. P.479...486.

4. Potapov V., Yakushenko E. Modeling of the drying process with Pre-Heating. // Industrial Technology and Engineering. – Shymkent, 2013, №2 (07). P.10...16.

5. Nikiforov A.L. Ispol'zovanie jenerгии jelektromagnitnyh kolebanij dlja intensivacii himiko-tekstil'nyh processov i sozdanija na ih osnove jenergo-i resursoberegajushhij tehnologij: Dic.... dokt. tehn. nauk. – Ivanovo, 2004.

6. Briggs-Goode & Townsend. Textile Design. - 1st Edition // Principles, Advances and Applications. - 2011.

7. Ashirbekova G.Sh., Sataev M.I., Dzhanpaizova V.M., Eldijar G.K. Issledovanija vlijanija fiziko-himicheskijh parametrov na skorost' processa adsorbicii krasitelej aktivirovannymi ugljami // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, №6. S. 99...102.

8. Moses J.J. Effect of pH in Bleaching of Cotton using Peracetic Acid // Textile Dyerand Printer. – Vol.12(1), 1994. P. 11.

9. Rogov I.A., Nekrutman S.V., Lysov G.V. Tehnika sverhvysochastotnogo nagreva pishhevyh produktov. – М.: Legkaja i pishhevaja promyshlennost', 1981.

10. Rao J.V. Developments in Grey Preparatory Processes of Cotton Textile Materials // Indian Journal of Fibre and Textile Research. – Vol.26(2), 2001.P. 78.

11. Križman P., Kovač F., Tavčer P.F. Bleaching of cotton fabric with peracetic acid in the presence of different activators // Coloration Technology. – Vol. 121, № 6, 2005. R. 304...309.

12. Kutjakova O.G., Nikiforov A.L., Blinicheva I.B. Optimizacija processa vysokochastotnoj fiksacii krasitelej na hlopchatobumazhnyh tkanjah // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 1993, №1. S. 49...52.

13. Preša P, Tavčer P.F. Low water and energy saving process for cotton pretreatment // Textile Research Journal. – Vol. 79, №1, 2009 P. 76...88.

14. Sabyrhanova M.D., Eldijar G.K., Bajbolov K.S. Issledovanija mикроструктуры hlopchatobumazhnyh tkanej, otbelennyh s ispol'zovaniem himicheskoi i fermentnoj dobavok. – 2015, №1. S. 76...79.

Рекомендована кафедрой технологии и проектирования текстильных материалов. Поступила 08.04.16.