

УДК 677.31.027.41

**МОДЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ АКТИВАЦИИ ДИФфуЗИОННО-СОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ КРАШЕНИЯ ШЕРСТЯНОГО ВОЛОКНА**

**ЖҮН ТАЛШЫҒЫН БОЯУДЫҢ ДИФфуЗИЯЛЫҚ-СОРБЦИЯЛЫҚ ҮДЕРІСТЕРІНІҢ ҚАРҚЫНДЫСЫН АРТТЫРУЫНА АРНАЛҒАН МОДЕЛЬДІ ҚҰРЫЛҒЫ**

**MODEL DEVICE FOR ACTIVATION DIFFUSION-SORPTION PROCESSES OF DYEING THE WOOL FIBER**

*К.И. БАДАНОВ<sup>1</sup>, А.К. БАДАНОВА<sup>2</sup>, Р.Р. БАДАНОВА<sup>1</sup>, А.В. ТИШКОВ<sup>1</sup>*  
*K.I. BADANOV<sup>1</sup>, A.K. BADANOVA<sup>2</sup>, R.R. BADANOVA<sup>1</sup>, A.V. TINCKOV<sup>1</sup>*

<sup>(1</sup> Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати,  
<sup>2</sup>Алматинский технологический университет)

<sup>(1</sup> М.Х. Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті,  
<sup>2</sup>Алматы технологиялық университеті)

<sup>(1</sup>Taraz State University named after M.Kh. Dulati, <sup>2</sup>Almaty Technological University)

E-mail: kenzebad@mail.ru

*В статье рассмотрены разработка и использование конструкции красильной установки, позволяющей окрашивать шерстяное волокно, ленту при циркуляции красильного раствора через пакровку волокна. На установке можно предварительно готовить красильные растворы при постоянной заданной температуре и автоматически ее поддерживать с точностью  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ . Для активации диффузионно-сорбционных процессов предлагается использовать магнитный аппарат для обработки воды и красильного раствора. Предполагается использование данного красильного устройства в условиях лабораторий текстильных предприятий. Крашение шерстяного волокна в аппаратах подобного типа позволит максимально сохранить первоначальные физико-механические свойства шерстяного волокна, свести к минимуму свойлачивание шерсти, максимально выбрать компоненты красильной ванны, снизить температуру крашения и вредное воздействие на экологию окружающей среды.*

*Мақалада тығыздалған талшық арқылы бояу ерітіндісінің айналып жүру арқылы жүн талшықтыры мен таспаны бояу мүмкіндігін беретін бояу құрылғының құрылымын өңдеуі мен пайдалануы қарастырылған. Құрылғыда алдын ала бояу ерітіндісін берілген тұрақты температурада дайындауға және оны  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  дәлдігімен автоматты түрінде ұстап тұруға болады. Диффузиялық-сорбциялық үдерістерінің қарқындысын арттыру мақсатымен су мен бояу ерітіндісін өңдеу үшін магнитті аппаратты қолдануы ұсынылады. Осы ұсынылған бояу құрылғысын текстиль кәсіпорындағы зертханаларында пайдалануы жорамалданады. Мұндай үлгідегі аппараттарда жүн талшықтарын бояу кезінде жүн талшығының бастапқы физика-механикалық қасиеттерін максималды түрінде сақтауға, жүннің иленуін жоққа шығаруға, бояу ваннасының компоненттерін толық сіндіріп алуға, бояу температурасын және қоршаған ортаға зиян әсерін төмендетуге мүмкіндік береді.*

*The article describes the development and using of construction of dyeing plant, allowing to dye wool fiber, tape while circulating of dye solution through a package of fibers. The plant can be used in pre-preparing dye solutions at constant preset temperature and it automatically supported with an accuracy of  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ . For activation the diffusion-sorption processes it is proposed to use a magnetic device for treating water and dyeing solution. It is intended to use this dyeing plant in laboratories of textile enterprises. Dyeing of wool fibers in machines of this type will allow to preserve the original physical and mechanical properties of wool fiber, to minimize wool felting, to take a dye bath components as much as possible, to reduce the dyeing temperature and reduce harmful effects on the ecology of the environment.*

**Ключевые слова:** красильная установка, магнитный аппарат, активация, паковка волокна, красильные растворы, компоненты красильной ванны, циркуляция раствора.

**Негізгі сөздер:** бояу қондырғысы, магнитті аппарат, қарқындысын арттыру, талшықтың тығыздалған түрі, бояу ерітінділері, бояу ваннасының компоненттері, ерітіндінің айналап жүруі.

**Keywords:** dyeing plant, a magnetic device, activation, fibers packing, dye solutions, dye bath components, the circulation of the solution.

### *Введение*

Совершенствование технологических режимов предусматривает ускорение процессов крашения в результате:

1) Использования высокоэффективных текстильно-вспомогательных веществ, повышающих сорбцию красителей волокном;

2) Предварительной активации текстильного материала путем обработки в растворах препаратов и соединений, вызывающих модификацию волокнистого субстрата;

3) Широкого использования методов физической активации процесса крашения посредством вакуумирования красильной системы, предварительного намагничивания красильных растворов, плазменного травления поверхности волокнистого материала и другие;

4) Использования оптимальных температурно-временных программ, рациональной организации производства, внедрения локальной и полной систем автоматизации цехов крашения.

Внедрение технологии крашения текстильных материалов при пониженной температуре осложняется замедлением скорости перехода красителя в волокно при снижении температуры крашения и ухудшением миграционных свойств красителей. При этом увеличивается длительность процессов, и создаются условия для получения неудовлетворительных результатов.

Перспективным способом ускорения подготовки и крашения текстильных материалов при пониженной температуре может быть обработка водных сред слабыми электромагнитными полями, применяющаяся для интенсификации ряда химико-технологических процессов.

Интенсификация массообменных процессов при отделке текстильных материалов с целью улучшения их качества и снижения вредных сбросов в сточные воды является весьма актуальной задачей.

### *Объекты и методы исследования*

В работе использовано шерстяное волокно мериноса и шерстяная лента; кислотные красители: кислотный бордо С, кислотный оранжевый, кислотный бирюзовый; красильное устройство, разработанное в ТарГУ им. М.Х. Дулати; прямоточный магнитный аппарат ПАМ-М для магнитной активации водных сред. Содержание красителя в остаточной ванне проводили по стандартной методике на фотоколориметре КФК-2. Качество окраски пряжи оценивали на спектроколориметре «Спектротон». Насыщенность S, светлоту L, тон окраски T оценивали в пяти точках. Экспериментальные данные были обработаны в среде «Microsoft Excel».

### *Результаты и их обсуждение*

Технологии крашения различных волокон определенными классами красителей отличаются друг от друга и для их реализации используется специальное оборудование. Вместе с тем в механизме крашения, а следовательно, и в технологии много общего, что позволяет применять для крашения однотипные машины и поточные линии. Оборудование для крашения делится на 3 группы:

- для крашения волокнистой массы;
- для крашения пряжи и гребенной ленты;
- для крашения ткани и трикотажных полотен.

Аппараты для крашения волокна в массе. Тип АКД - аппарат красильный под давлением может использоваться также для отварки и беления, пропитки и промывки, обезвоживания. Обработка волокон производится при температуре 145°C и давлении 3–4 атм. Аппараты универсальны.

В зависимости от химической природы обрабатываемых волокон выпускаются следующие виды данных аппаратов:

- АКДС- С (скоростной);
- АКДУ- У (универсальный);

АКД -А (с автоматическим программированным управлением технологическим процессом).

Аппараты АКД выпускают в виде двух модификаций: модификация 1 предназначена для обработки волокна в виде ленты или ровницы; модификация 2 - для обработки пряжи и ниток. Аппарат АКДС предназначен для ускоренного крашения. Длительность обработки сокращается за счет предварительного вакуумирования материала, интенсивной циркуляции раствора, высокого темпа разогрева.

Крашение можно рассматривать как взаимодействие низкомолекулярных окрашенных соединений с твердым бипористым дисперсным полимерным текстильным материалом. Это взаимодействие осуществляется в результате массопереноса окрашенного вещества в форме иона или незаряженной молекулы из внешней среды, чаще всего жидкой в твердую фазу волокна с последующим проникновением красителя во внутреннюю структуру волокна и закреплением его сорбционными связями различной природы.

Такой сложный межфазный, гетерогенный процесс включает в себя следующие основные стадии: диффузию и сорбцию. Диффузия является лимитирующей стадией, определяющей скорость протекания процессов крашения, а сорбция, ее термодинамические свойства, влияют на устойчивость окраски. В зависимости от химической и физической природы волокон и химического строения красителей проявляются различные механизмы диффузии и сорбции красителей.

В случае нетермопластичных гидрофильных волокон, например, шерстяного волокна, с развитой структурой микропор диффузия красителя осуществляется через жидкость (вода), заполняющую микропоры

этих волокон – «поровый» механизм – с одновременной физической или химической сорбцией ионов красителей на активных центрах волокна. Соотношение диффузионных и сорбционных свойств системы волокно–краситель определяет скорость и эффективность формирования окраски. Между скоростью диффузии и сродством красителя к волокну имеется сложная зависимость, как между кинетическими и термодинамическими параметрами системы. В упрощенном виде феномен окрашивания текстильного материала можно определить как реализацию этих параметров в двуединстве. Без проявления их в совокупности окраска сформироваться не может. Краситель должен иметь сродство к волокну, что определяется комплиментарностью химического строения красителя и полимера волокна, а также должны быть выполнены условия для диффузии, т.е. наличие концентрации и диффузионной проницаемости волокна. Чем выше сродство красителя к волокну, тем более интенсивно он взаимодействует с волокном и тем медленнее диффундирует. В то же время, чем выше сродство, тем эффективнее и полнее краситель переходит из внешней фазы в волокно, образуя более устойчивую окраску. Такая зависимость между кинетикой и термодинамикой процесса определяет основной принцип практики крашения: нахождение оптимального соотношения между диффузией и сорбцией.

Все классы красителей, объединенные общим диффузионно-сорбционным механизмом колорирования, проявляют специфику в химическом взаимодействии с волокном. В этом отношении их можно подразделить на следующие группы в зависимости от характера сорбции красителя волокном (табл. 1).

Таблица 1 - Разделение красителей на группы по характеру сорбции

Характер сорбции красителя волокном	Красители
физическая обратимая сорбция	прямые красители на целлюлозных волокнах, дисперсные красители на синтетических волокнах
химическая сорбция с образованием обратимой ионной связи	кислотные красители на белковых волокнах, катионные красители на полиакриловых волокнах
химическая сорбция с образованием необратимой ковалентной связи	активные красители на целлюлозных, белковых, полиамидных волокнах
образование нерастворимых пигментов во внутренней структуре волокон	кубовые, сернистые, нерастворимые азокрасители на целлюлозных волокнах

До настоящего времени наиболее распространенным остается периодический спо-

соб крашения шерсти в виде волокна и гребенной ленты в кипящей ванне. Крашение в

кипящей ванне вызывает заметное повреждение шерстяного волокна, что неблагоприятно отражается на перерабатывающей способности шерсти. Одним из путей уменьшения деструкции шерстяного волокна является крашение при пониженной температуре (до 80-85°C) на имеющемся оборудовании и без существенного изменения технологии, что обеспечивает лучшую переработку волокна и гребенной ленты в последующих процессах.

Крашение при пониженной температуре улучшает технологические свойства шерсти, позволяет более экономно расходовать дорогостоящее сырье. Однако, понижение температуры приводит к замедлению скорости процесса крашения, к увеличению длительности операции, снижению качества окраски по равномерности и устойчивости. Для исключения этих отрицательных явлений необходимы дополнительные способы интенсификации процесса, которые помимо решения чисто технологических задач способны положительно повлиять на экономию и экологию красильно-отделочного производства шерстяной отрасли текстильной промышленности.

В работе [1] установлено положительное влияние магнитной активации воды на смачивание и набухание шерсти при крашении шерстяного волокна. Максимальная степень набухания шерсти в магнитноактивированной воде составляет 18,8%, а в исходной необработанной - 12,4%. Увеличение степени

набухания материала обеспечивает рост внутреннего объема полимера, доступного для адсорбции красителей. Максимальное увеличение поглощения красителя по сравнению с крашением в обычной воде обнаружено при обработке воды магнитным полем, напряженностью 155 кА/м при скорости потока 2 м/с. Для красителя кислотного чисто-голубого антрахинонового оно составило 34%, а для кислотного ярко-красного антрахинонового Н8С - 24% (крашение при 85°C).

Аппараты для магнитной активации водных сред не требуют дополнительного обслуживающего персонала. Расход электроэнергии ничтожно мал, по сравнению с расходом при работе основного оборудования, или отсутствует совсем, если применяются аппараты на постоянных магнитах. Простота конструкции, доступность необходимых материалов для изготовления аппаратов позволяют использовать магнитную активацию водных сред в текстильной промышленности без изменения существующей технологии предприятия.

Однако до сих пор не проведено систематическое изучение зависимости эффекта магнитной активации от типа и конструкции магнитных аппаратов для обработки воды или технологического раствора для различных областей применения.

Для крашения шерстяного волокна предлагается устройство, разработанное в ТарГУ им. М.Х.Дулати [2] (рис.1).

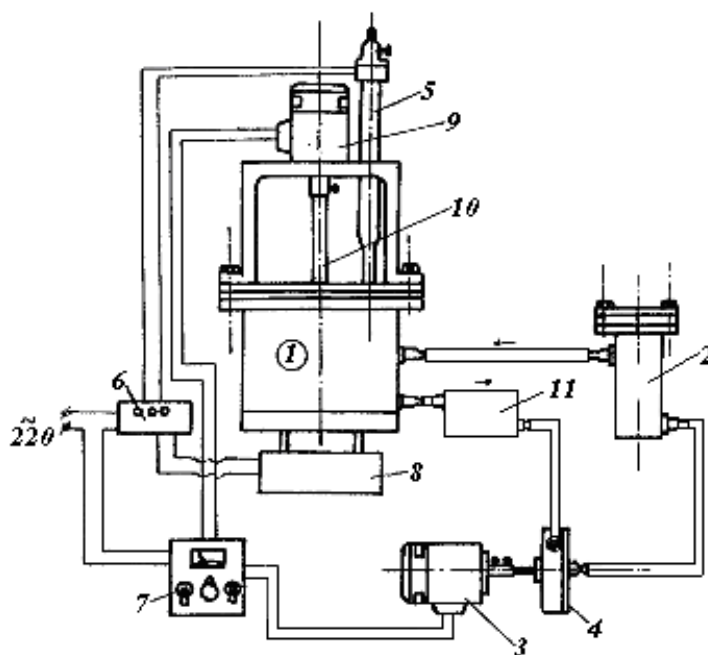


Рисунок 1 - Экспериментальное устройство для крашения шерстяного волокна

Конструкция устройства представляет два бака, соединенных между собой системой циркуляции растворов через трубопроводы, в которые включен магнитный аппарат 11 для обработки водных растворов. Первый бак предназначен для приготовления технологических растворов при заданной температуре и непрерывном перемешивании для лучшего растворения компонентов технологического раствора. Второй бак предназначен для жидкостной обработки шерсти, в котором размещается перфорированный цилиндр для окрашиваемого материала. Крышка перфорированного цилиндра может перемещаться и фиксироваться в заданном положении. Блоки регулировки температуры и регулировки скорости вращения валов электродвигателей позволяют создать оптимальные скорости перемешивания и циркуляции технологического раствора, что влияет на диффузионные процессы при жидкостной обработке. Блок регулировки температуры автоматически поддерживает температуру технологического раствора в заданном значении.

Устройство работает следующим образом: в бак приготовления растворов 1 заливается вода. Контактным термометром 5 устанавливается температура приготовления раствора и включается электронагреватель 3. В бак 1 через загрузочный люк засыпаются

химреагенты согласно рецептуре и включается электродвигатель 9 привода мешалки 10 до полного приготовления раствора. Скорость вращения мешалки регулируется блоком 7. Окрашиваемый субстрат шерсти размещают в цилиндрическом баке 2. Для размещения окрашиваемого материала в цилиндрическом баке открывают крышку, вынимают внутренний перфорированный цилиндр, размещают в нем окрашиваемый материал и закрывают крышку. Раствор, нагнетаемый циркуляционной системой, входит в цилиндр через патрубок и проходит через окрашиваемый материал, расположенный в цилиндре. Таким образом, красильный раствор проходит через волокно и прокрашивает его. Скорость циркуляции раствора варьируется блоком 7 регулировки скорости вращения вала электродвигателя 3 центробежного насоса 4.

Для магнитной активации водных сред в лабораторных условиях был использован аппарат с постоянными магнитами ПАМ-М [3]. Прямоточный магнитный аппарат ПАМ-М для магнитной активации водных сред, в текстильной промышленности впервые использован в работе [4]. На рисунке 2 представлена схема прямоточного магнитного аппарата ПАМ-М.

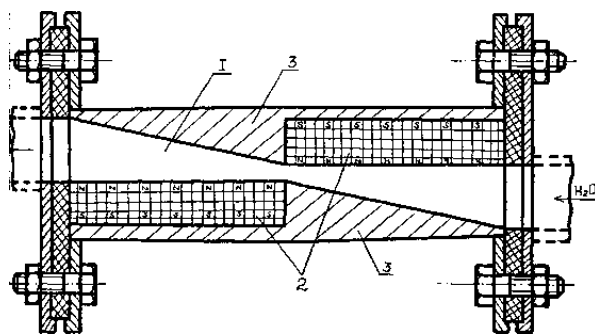


Рисунок 2 - Схема прямоточного магнитного аппарата ПАМ-М  
1 - конфузорно-даффузорный канал; 2 - магнитные пластины; 3 – магнитопровод.

Аппарат состоит из конфузорно-диффузорного канала (1), намагниченных пластин (2) и магнитопроводов (3). Магнитное поле аппарата создается за счет двух намагниченных пластин (2), расположенных в магнитопроводах одноименными полюсами друг к другу. При этом по краям магнитов в центре канала образуется наибольший градиент напряженности магнитного поля, что положительно влияет на интенсификацию магнит-

ной активации водных сред. Конфузорно-диффузорная конструкция канала обеспечивает минимальную чувствительность аппарата к колебаниям давления воды в трубопроводах. К преимуществам аппарата ПАМ-М следует отнести простоту конструкции, малые габаритные размеры, экономное использование магнитных источников.

Предлагаемая красильная установка позволяет окрашивать шерстяное волокно,

ленту при циркуляции красильного раствора через паковку волокна. На установке можно предварительно готовить красильные растворы при постоянной заданной температуре и автоматически ее поддерживать с точностью  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ . Данное устройство использовали в условиях лаборатории нанотехнологических методов исследований им. А.С. Ахметова при ТарГУ им. М.Х. Дулати.

Крашение проводили при температуре  $82^{\circ}\text{C}$ , так как при пониженной температуре влияние вышеперечисленных факторов наиболее выражено. Красильные растворы готовили в баке приготовления при температуре  $40^{\circ}\text{C}$ . Качество приготовления красильного раствора оценивали пробой на фильтровальную бумагу. Крашение шерстяного волокна проводили в течении 40 мин. После крашения отбирали пробы остаточного красильного раствора для определения количества красителя в остаточной ванне. Содержание красителя в остаточной ванне проводили по стандартной методике на фотоколориметре КФК-2. Качество окраски пряжи оценивали на спектроколориметре «Спектротон». Крашение проводили с пятикратным повторением при различной скорости течения красильного раствора и различной плотности паковки волокна. Колористические показатели окраски волокна (насыщенность  $S$ , светлоту  $L$ , тон окраски  $T$ ) оценивали в пяти точках. Все экспериментальные данные были обработаны методом математической статистики в среде «Microsoft Excel».

Проведенные исследования показали, что на качество окраски шерстяного волокна большое влияние оказывает скорость течения красильного раствора. Например, при увеличении скорости красильного раствора с 1,1 м/мин до 1,43 м/мин насыщенность окраски пряжи растет с 37,5 до 48,9 единиц. При скорости выше 1,43 м/мин насыщенность окраски снижается до 41,6. Причем с увеличением скорости выше 1,43 м/мин растет и неровнота окраски, о чем свидетельствует коэффициент неровноты результатов измерения насыщенности окраски, который составил 11,24%. Использование разработанной установки позволило также выявить влияние особенностей красителей на результаты крашения.

Установлено, что для исследованных трех кислотных красителей (кислотный бордо С, кислотный оранжевый и кислотный бирюзовый) оптимальная скорость течения красильного раствора различна и находится в

пределах от 1,2 до 1,43 м/мин. При поддержании для каждого красителя своей оптимальной скорости течения красильного раствора возможно снизить остаточное содержание красителя в остаточной ванне до 0,02-0,04 г/л. (при 3%-ой выкраске). Плотность паковки варьировали в пределах от 27,7 до 125 кг/м<sup>3</sup>. Установлено, что при плотности набивки волокна до 41,6 кг/м<sup>3</sup> насыщенность окраски увеличивается. Однако дальнейшее увеличение плотности паковки приводит к снижению насыщенности окраски и минимум наблюдается при плотности паковки волокна 125 кг/м<sup>3</sup>.

#### **Заключение**

Крашение шерстяного волокна в предлагаемом устройстве имеет ряд преимуществ:

- обеспечивается качественное приготовление красильного раствора при заданной температуре и скорости его перемешивания, что предотвращает «сваривание» компонентов рецептуры и их полное растворение;

- обеспечивается оптимальная циркуляция технологического раствора через шерстяное волокно, что улучшает диффузионные процессы в зависимости от плотности набивки волокна и модуля ванны.

Становится возможным:

- оперативно подобрать оптимальные параметры приготовления технологического раствора (температуру, скорость перемешивания), оптимальные параметры жидкостной обработки текстильного материала (температуру, скорость циркуляции раствора);

- поддерживать в оптимальном интервале температуру приготовления технологического раствора в зависимости от специфических свойств химических реагентов технологического раствора, температуру обработки текстильного материала в зависимости от вида жидкостной обработки и специфических свойств волокнистого состава текстильного материала;

- улучшить качество жидкостной обработки текстильных материалов за счет автоматического поддержания оптимальной температуры обработки;

- эффективно использовать красители при крашении текстильных материалов за счет увеличения степени диффузии красителей в толщу материала при оптимальной скорости циркуляции красильного раствора;

- сократить сброс химреагентов в сточные воды за счет их эффективного использования при улучшении диффузионных процессов в устройстве.

Крашение шерстяного волокна в аппаратах подобного типа позволит максимально сохранить первоначальные физико-механические свойства шерстяного волокна, свести к минимуму свойлачивание шерсти, максимально выбрать компоненты красильной ванны и снизить вредное воздействие на экологию окружающей среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Активация химико-текстильных процессов отделочного производства. Монография. – Тараз: ТИГУ, 2014.- 224 с.

2. Баданов К.И., Кауымбаев Р.Т., Баданова Р.Р. Предварительный патент РК на изобретение №17654

«Устройство для жидкостной обработки текстильных материалов». Патентообладатель: РГКП ТарГУ им. М.Х. Дулати, опубли. 15.08.2006, бюл.№8.

3. Баданов К.И., Р.Р. Баданова, И.К. Баданов. Устройство для реализации химико-технологических процессов текстильной промышленности. //Научный журнал «Механика и технологии». -№4 (46). -октябрь-декабрь 2014 г. - С.24-31.

4. Баданов К.И., Баданова Р.Р., Баданова А.К. Устройство для крашения шерсти и максимального выбора компонентов красильной ванны //Материалы международной научно-практической конференция. Том 1. Семей, 1 Март, 2016. -С. 77.