

4. Подсчет циклов: ArduinoNano подсчитывает количество циклов открытия/закрытия клапана.

5. Запись данных: данные о количестве циклов записываются на SD карту.

6. Отображение данных: на LCD дисплее отображается текущее количество циклов.

После проведения испытаний данные с SD карты анализируются для фиксирования общего количества циклов, которые определяют ресурс работы клапана с конкретным исполнительным механизмом и время работы клапана до отказа. Разработанный автоматизированный тестовый стенд позволяет эффективно проводить испытания клапанов с различными исполнительными механизмами, определяя их ресурс работы и выявляя слабые места конструкции. Результаты тестов позволяют оптимизировать конструкцию клапана, повышая его надежность и долговечность.

Список источников

1. Агапов А. Е., Лапшин В. В., Левыкин М. П. Использование обратного инжиниринга для создания компонентов кожевенного оборудования // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Кострома, 20–22 марта 2024 г.). Кострома : Костром. гос. ун-т, 2024. С. 171–172.

2. Использование современных технологий раскроя материалов в рамках импортозамещения / А. А. Кузнецов, В. В. Лапшин, М. П. Левыкин, А. Ш. Иргашева // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Кострома, 23–24 марта 2023 г.). Кострома : Костром. гос. ун-т, 2023. С. 196–198.

3. Тарасов С. Д., Староверов Б. А., Лапшин В. В. Программный комплекс оптимального раскроя кожи и текстильных материалов с использованием машинного зрения // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием (г. Кострома, 20–22 марта 2024 г.). Кострома : Костром. гос. ун-т, 2024. С. 281–284.

УДК 677.027.4

К. А. Ленъко, В. В. Иванова, Н. В. Скобова, Н. Н. Ясинская
Витебский государственный технологический университет
kotya240497@mail.ru

КРАШЕНИЕ ОТХОДОВ ЛЬНОПРЯДИЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ АРМИРОВАНИЯ КОМПОЗИТОВ

В статье представлены результаты экспериментальных исследований, направленных на обоснование технологических режимов крашения отходов льняного производства кубовыми красителями. Целью работы являлось придание гидрофобных свойств льняному волокну для последующего использования в качестве армирующего слоя в биокомпозитных материалах. Показано, что суспензионный способ крашения кубовыми красителями после биоотварки позволяет в большей степени придать льняному волокну гидрофобность.

Ключевые слова: *льняная вытряска; композиционные материалы; гидрофобность; адгезия; кубовые красители; капиллярность; фермент.*

DYEING OF FLAX SPINNING WASTE FOR COMPOSITE REINFORCEMENT

The article presents the results of experimental studies aimed at substantiating the technological regimes for dyeing flax production wastes with vat dyes. The aim of the work was to impart hydrophobic properties to flax fiber for subsequent use as a reinforcing layer in biocomposite materials. It is shown that the suspension method of dyeing with vat dyes after bio-scouring allows for a greater degree of hydrophobization of flax fiber.

Keywords: flax waste; composite materials; hydrophobicity; adhesion; vat dyes; capillarity; enzyme.

Растительные отходы, включая мягкие отходы древесины и волокнистые отходы прядильных производств, представляют собой ценную сырьевую базу для армирования полимерных матриц. Особый интерес вызывает возможность использования невозвратных отходов прядения льняных волокон, которые в настоящее время не вовлечены в производственный цикл [1].

В качестве примера можно привести вытряску РУПТП «Оршанский льнокомбинат» – отход производства, представляющий собой сложную смесь волокон, костры и пыли [2]. Изучение состава и свойств данного отхода позволяет определить оптимальные параметры его использования в качестве армирующего компонента биокompозитов, что обеспечивает как экономический, так и экологический эффект. Формирование на их основе композитов с термореактивным связующим позволяет не только снизить техногенную нагрузку на окружающую среду за счет утилизации отходов, но и существенно сократить затраты на подготовку растительного наполнителя. Разработанные материалы могут найти применение в качестве эффективной теплоизоляции в малоэтажном строительстве [1]. Для эффективного использования природных волокон в качестве армирующего компонента в биокompозитах, необходимым условием является придание им гидрофобных свойств. Эта необходимость обуславливается низкой адгезией между волокном и матрицей гидрофильных по свойствам природных волокон [3].

Цель работы заключается в экспериментальном обосновании технологических режимов крашения отходов льнопроизводства кубовыми красителями для придания им гидрофобных свойств, обеспечивающих эффективное армирование биокompозитных материалов.

В качестве объекта исследования использовали вытряску № 7а, образующуюся на линии котонизации РУПТП «Оршанский льнокомбинат», обработанную на комплексе оборудования для отделения льноволокна от костры и пыли при переработке (очистке) короткого льноволокна.

Подготовку волокна к крашению и собственно крашение проводили согласно схеме, представленной на рисунке 1. Для отварки льняного волокна применяли технологию биоохимической модификации с использованием полиферментных композиций производства ООО «Фермент» Фекорд 2015-Б и Фекорд МП. Фекорд МП представляет собой композицию ксиланазы, β -глюканазы, β -манназы и пектиназы. Фекорд 2015-Б имеет в составе целлюлазу, ксиланазу, β -глюканазу, глюкоамилазу, β -манназу.

Кисловка ($t = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 25$ мин): $\text{H}_2\text{SO}_4 - 1,5\text{ г/л} + \text{ПАВ} - 0,25\text{ г/л}$	
↓	
Нейтрализация ($t = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 5$ мин, $\text{pH} = 7$): $\text{NaOH} - 0,05\text{ г/л}$	
↓	
Биоотварка полиферментной композицией ($t = 45\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 40$ мин, $\text{pH} = 5,5$):	
Фекорд 2015-Б – 3 % от массы волокна	Фекорд 2015-Б – 3 % от массы волокна Фекорд МП – 2 % от массы волокна
↓	
Беление ($t = 98\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\tau = 120$ мин): перекись водорода 3 % – 50 мл + $\text{Na}_2\text{CO}_3 - 2,7\text{ г/л} + \text{Na}_2\text{SiO}_3 - 12\text{ г/л} + \text{MgSO}_4 - 0,1\text{ г/л}$	
↓	
Промывка	
↓	
Крашение:	
<i>Щелочно-восстановительный способ:</i> Вода – 60 мл; Гидроксид натрия 35 %-ный – 0,5 мл; Дитионит натрия – 0,1 г; Концентрированный раствор кубового красителя «Ярко-зеленый С» – 40 мл	<i>Суспензионный способ:</i> Краситель «Кубовый голубой Д» – 1,5 г; Смачиватель – 0,5 г; Вода – 100 мл

Рис. 1. Технология подготовки к крашению и крашения льняной вытряски

Технология крашения кубовым красителем по щелочно-восстановительному способу заключается в следующем. В воде растворяют гидроксид натрия и дитионит натрия, а затем добавляют концентрированный раствор восстановленного кубового красителя. Образцы массой 3 г окрашивают в приготовленной красильной ванне (модуль 50) в течение 30...45 мин при соответствующей температуре. После крашения отжатый образец оставляют для окисления лейкосоединения на воздухе в течение 5 мин [4]. После окисления образец промывают холодной водой и обрабатывают при температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 5 мин раствором, содержащим 5 г/л 40 %-ного мыла, снова промывают теплой, затем холодной водой и высушивают.

Суспензионный способ крашения кубовым красителем проводили следующим образом. Образцы льняного волокна общей массой 2 г пропитывали суспензией красителя, состав которой представлен на рисунке 1. Пропитку проводили при температуре $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение $\tau = 5$ мин. Отжим 70 %. Затем образец высушивали и пропитывали щелочным раствором следующего состава (табл. 1).

Т а б л и ц а

Состав щелочного раствора

Гидроксид натрия 32,5 %-ный, г/л	5
Дитионит натрия, г/л	40
Хлорид натрия, г/л	15
Смачиватель НБ, г/л	2

Температура раствора должна быть не выше $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ во избежание вымывания красителя. Отжим 80 %. После этого образец запаривали 5 мин при температуре $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ и обрабатывали раствором, содержащим 1 г/л хромпика и 5 г/л 30 %-ной уксусной кислоты, промывали и высушивали [5].

После крашения исследованы показатели капиллярности в соответствии с ГОСТ 5556–2022 «Вата медицинская гигроскопическая». Результаты исследования представлены на рис. 2, 3. Крашение кубовыми красителями позволило сни-

зить капиллярность льняного волокна после биоотварки по двум способам крашения. Применение двух ферментных композиций несколько повышает гидрофильность волокна. Такой эффект, вероятно, связан с синергетическим механизмом действия полиферментных композиций Фекорд МП и Фекорд 2015-Б, а именно, за счет совместного воздействия целлюлазы и пектиназы. Пектиназа катализирует реакцию гидролиза пектиновых веществ льняного волокна. Удаление пектиновых веществ способствует устранению гидрофобного барьера и создает условия для эффективной работы целлюлазы, которая осуществляет катализ гидролиза целлюлозы, и, следовательно, приводит к росту капиллярности.

Суспензионный способ крашения кубовым красителем позволяет в большей степени придать гидрофобность волокну – происходит увеличение разброса по показателю капиллярности между отбеленными и окрашенными образцами в сравнении с щелочно-восстановительным способом. При суспензионном крашении нерастворимые частицы кубового красителя задерживаются в структуре волокна. В связи с тем, что они распределяются равномерно и плотно, могут физически перекрывать поры и капилляры, снижая впитывание. При щелочно-восстановительном способе краситель проникает внутрь и не создает такой плотной поверхностной пленки. Кроме того, в суспензионном способе краситель фиксируется в исходной (нерастворимой) форме, которая сама по себе может быть более гидрофобной, чем лейкоформа.

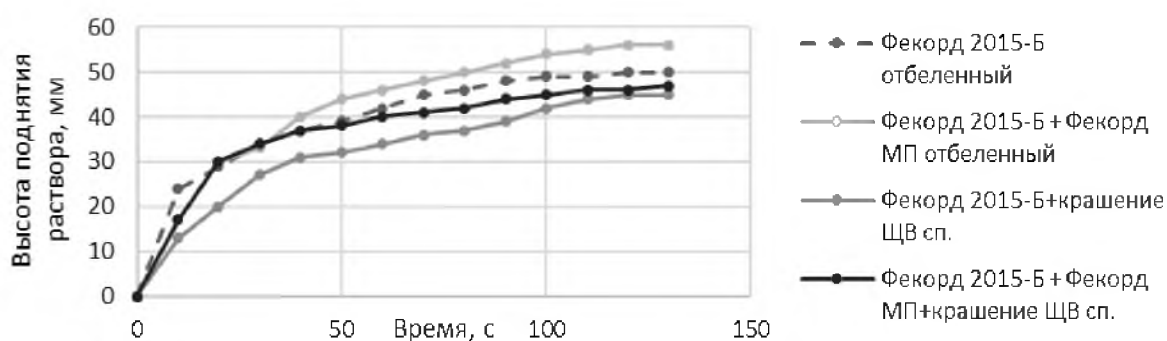


Рис. 2. Капиллярность окрашенной по щелочно-восстановительному способу льняной вытряски

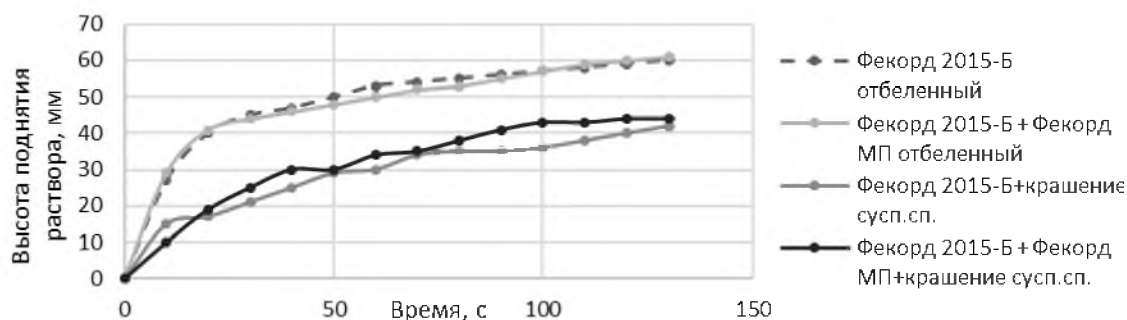


Рис. 3. Капиллярность окрашенной по суспензионному способу льняной вытряски

Таким образом, экспериментально обоснована целесообразность применения суспензионного способа крашения кубовыми красителями для снижения гидрофильности отходов льнопроизводства. Полученные результаты открывают перспективу использования модифицированной таким образом льняной вытряски в качестве гидрофобного армирующего наполнителя при создании биокомпозитных материалов.

Список источников

1. Сусоева И. В. Физико-механические показатели теплоизоляционных материалов из отходов растительного сырья // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2018. № 5(713). С. 71–79.
2. Иванова В. В., Скобова Н. В., Ясинская Н. Н. Биокмпозиты на основе отходов льнопрядильного производства // Инновационные направления развития науки о полимерных волокнистых и композиционных материалах : тезисы докладов VI Междунар науч конф. (г. Санкт-Петербург, 2–3 декабря 2025 г.). СПб. : СПбГУПТД. 2025. С. 55–56.
3. Нумонов А., Адхамов А. Полимерные композиты, армированные природными волокнами // Химическая технология. 2021. № 1. С. 1–7.
4. Кричевский Г. Е. Химическая технология текстильных материалов : учебник : в 3 т. М. : Рос. заоч. ин-т текстил. и лег. пром-сти. 2001. Т. 1. 435 с.
5. Балашова Т. Д., Журавлева Н. В., Коновалова М. В. Основы химической технологии волокнистых материалов : учеб. пособие. М. : Моск. гос. техн. ун-т им. А. Н. Косыгина. 2005. 363 с.

УДК 674.078.2

Г. Д. Леонов, Ю. П. Данилов

Костромской государственный университет

Grileo666@mail.ru, danilov2135@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОДОСТОЙКОСТИ ЛАКОКРАСОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ, НАНЕСЕННЫХ НА ОБОЖЖЕННУЮ ДЕРЕВЯННУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

В статье представлены результаты нанесения ЛКМ на обожженные деревянные поверхности.

Ключевые слова: *подготовка деревянной поверхности к нанесению лакокрасочных материалов методом обжига; защитно-декоративные покрытия; испытание на водостойкость лакокрасочного покрытия.*

G. D. Leonov, Yu. P. Danilov

Kostroma State University

STUDY OF WATER RESISTANCE OF PAINT AND VARNISH MATERIALS APPLIED TO A BURNED WOODEN SURFACE

The article presents the results of application of paintwork materials on burnt wooden surfaces.

Keywords: *preparation of wooden surface by firing for application of paint and varnish materials; protective and decorative coatings; water resistance test of the paintwork.*

В современных условиях экологичные строительные материалы приобретают все большее значение и популярность. Древнейшим способом защиты древесины от биопоражения и растрескивания является обжиг. Обожженная древесина имеет пониженную гигроскопичность и повышенную биостойкость. Обожженные деревянные изделия приобретают более высокие, чем натуральная древесина, эксплуатационные характеристики, но пониженные эстетические свойства. Поэтому, с целью повышения эстетических свойств обожжен-