

УДК 677.016.1/6

ЛЕНЬКО К.А., аспирант (ВГТУ)
МАРУЦАК Ю.И., магистрант (ВГТУ)
Научный руководитель ЯСИНСКАЯ Н.Н., д.т.н., доцент, зав. кафедрой
«Экология и химические технологии» (ВГТУ)
г. Витебск

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ БИОХИМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЕЁ ЭФФЕКТИВНОСТИ

В мировом производстве и потреблении текстиля предпочтение по-прежнему отдаётся изделиям из натуральных волокон. К примеру, постельное белье из хлопчатобумажных тканей пользуется большим спросом ввиду того, что хлопок обладает рядом ценных свойств: высокая прочность на разрыв и устойчивость к истиранию, стойкость к влаге и свету, высокая воздухопроницаемость и гигроскопичность [1].

Поскольку текстильные изделия постоянно контактируют с телом человека, то непосредственное восприятие материала осуществляется, прежде всего, при осязании. Свойство, формируемое при осязании материала, называется туше. В последние годы авторами научных работ ведутся исследования по аппретированию текстильных материалов силиконовыми аппретами-мягчителями и ферментсодержащими композициями, в ходе которых полотна и изделия приобретают дополнительную гладкость и шелковистость.

Существуют классические способы умягчающей отделки тканых материалов, которые обеспечивают достижение эффекта за счет нанесения различных видов аппретов-мягчителей и, при необходимости, последующей их термофиксации. Существенным недостатком известных химических способов умягчающей отделки является кратковременность достигаемого результата и его неустойчивость к бытовым обработкам: в процессе стирок мягчители вымываются из волокна, а достигнутый при отделке эффект мягчения заметно снижается при последующей эксплуатации изделий из них [2].

В Республике Беларусь для умягчения целлюлозосодержащих тканых полотен и готовых изделий используют текстильно-вспомогательные вещества таких производителей как «Rudolf-Chemie», «3M Company», «СНТ» и «Clariant». Однако применение импортных ферментных препаратов и аппретов-мягчителей ведет к удорожанию производственного процесса и себестоимости готовой продукции. Решением данного вопроса является импортозамещение зарубежных препаратов на препараты отечественного производства. В Республике Беларусь на рынок текстильно-вспомогательных веществ сравнительно недавно вышла фирма ООО «Фермент», предлагающая широкий спектр ферментных препаратов и силиконовых мягчителей для обработки текстильных материалов.

Значительное расширение рынка текстильных вспомогательных веществ отечественного и импортного производства привело к появлению большого числа новых, неизвестных потребителю марок препаратов текстильной химии. Такая ситуация вызывает определенные трудности у технологов отделочного производства в случаях, когда необходим выбор наиболее эффективных текстильно-вспомогательных веществ. Поэтому актуальной задачей является разработка методики, с помощью которой возможно количественно оценить эффект от умягчения.

Итак, целью настоящей работы является разработка методики количественной оценки эффективности технологии умягчения и апробация её на образцах, обработанных высокоэффективными препаратами белорусского производства.

Объектом исследования является отбеленная хлопчатобумажная ткань (арт. 857) производства ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение» (Республика Беларусь) постельного назначения поверхностной плотностью 134 г/м². В качестве основного компонента ферментного раствора для биохимической обработки использовались эмульсии производства ООО «Фермент» (Республика Беларусь), характеристики которых представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика применяемых препаратов

Название препарата	Характеристика
Силиксол RG-810R/36	Гидрофильная силиконовая эмульсия
Силиксол RG-810R/36+Ц100	Ферментсодержащая гидрофильная силиконовая эмульсия активностью целлюлаз 100 ед/г
Силиксол RG-810R/36+Ц300	Ферментсодержащая гидрофильная силиконовая эмульсия активностью целлюлаз 300 ед/г

На сегодняшний день известны способы умягчения текстильных материалов из целлюлозных волокон с использованием ферментных препаратов [1, 2]. Ферменты представляют собой природные биохимические катализаторы селективного действия — белки с молекулярной массой от десятков тысяч до миллиона и более. Их макромолекулы построены из аминокислот, соединенных в длинные цепи пептидными связями [3]. Оптимальными условиями работы ферментов являются невысокая температура и нейтральная среда, что ведет к снижению потребления энергии, а также устраняет необходимость поддерживать жесткие условия обработки. Обеспечение экологической чистоты и безопасности производства и готовой продукции происходит благодаря 100%-ной биорасщепляемости ферментных препаратов в сточных водах, а также возможности снижения концентрации и расхода силиконовых мягчителей. Кроме того, применение ферментов в отделке текстильных материалов и изделий способно обеспечить придание последним комплекса новых технологических, потребительских и эксплуатационных свойств.

На кафедре «Экология и химические технологии» УО «Витебский государственный технологический университет» авторами проводились многочисленные исследования по разработке биотехнологии умягчения целлюлозосо-

державших тканых полотен с применением ферментных препаратов целлюлолитического и пектолитического действия и силиконовых эмульсий с целью придания материалу дополнительной гладкости, шелковистости и повышенных гигиенических свойств. Хлопчатобумажную ткань подвергли умягчению периодическим способом по разработанной авторами схеме (рис. 1) с применением эмульсий «Силиксол» (см. табл. 1) производства ООО «Фермент». Оценка степени влияния ферментных препаратов на свойства ткани проведена по следующим показателям: капиллярность; гигроскопичность; воздухопроницаемость; разрывная нагрузка; разрывное удлинение. Результаты оценки представлены в таблице 2.

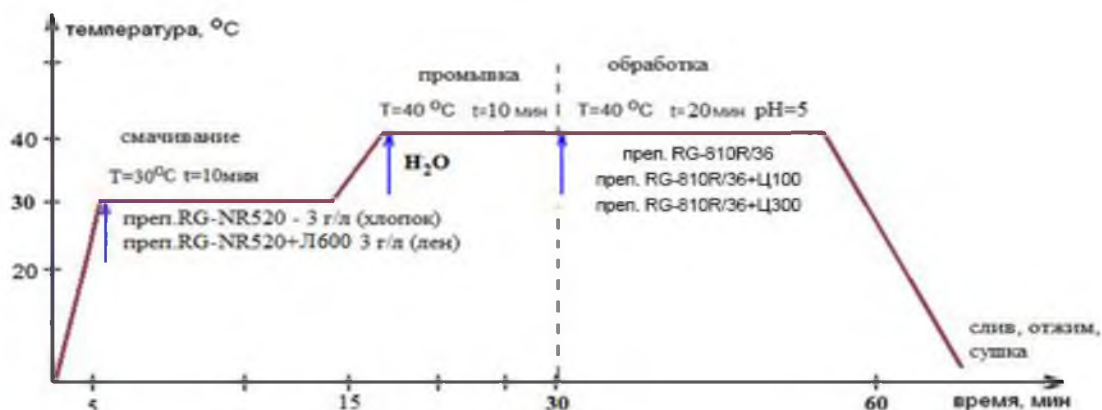


Рисунок 1. Схема умягчения периодическим способом

Таблица 2. Результаты оценки степени влияния ферментных препаратов на свойства ткани

Название препарата	Капиллярность, мм	Разрывная нагрузка, Н	Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/(\text{см}^2 \cdot \text{с})$
Силиксол RG-810R/36	116	297	247,6
Силиксол RG-810R/36+Ц100	154	285	306
Силиксол RG-810R/36+Ц300	156	282	327,14

Применение ферментов в технологии умягчения тканых полотен позволяет повысить экологичность и экономичность процессов, тем самым выигрывая при конкуренции с классическими химическими и физико-химическими методами воздействия, а также значительно улучшить качественные показатели готовой продукции (см. табл. 1):

- капиллярные свойства увеличиваются на 30% по отношению к образцам, обработанным по классической технологии индивидуальным аппаратом-мягчителем;
- падение разрывной нагрузки не превышает нижних границ, установленных техническими условиями на данный вид продукции;
- показатель воздухопроницаемости превышает нормированный более чем в 2 раза.

Исследуемые свойства отражают гигиенические характеристики текстильного материала. Однако в системе оценки качества материалов и изготавливаемых из них швейных изделий отдельное место также отводится показателям художественно-эстетических свойств материалов, таких как блеск, фактура по-

верхности, туше или гриф. Они оказывают эмоционально-эстетическое воздействие на человека при органолептическом восприятии с помощью зрения и осязания. Анализ научной литературы и нормативно-технических документов показал, что на сегодняшний день отсутствуют объективные методы оценки туше текстильных полотен, однако большинство исследователей полагают, что для описания туше необходимо учитывать поведение текстильного изделия при трении [4]. Таким образом, авторами принято решение о разработке методики, позволяющей оценивать туше тканей.

Для текстильных материалов свойственно одновременное проявление трения и цепкости; такое сопротивление называется тангенциальным. Основной характеристикой тангенциального сопротивления является коэффициент тангенциального сопротивления (далее – КТС) [5].

Анализ методов и приборов определения коэффициента тангенциального сопротивления (трения) показал, что на сегодняшний день существует ряд специфических различий по виду движения у разнообразных зарубежных и отечественных приборов. Методы определения коэффициента трения устанавливаются в различных международных и межгосударственных стандартах, однако для текстильных полотен стандартизированной методики определения коэффициента тангенциального сопротивления не существует.

Из изученных авторами приборов наиболее пригодным для измерения КТС текстильных полотен является прибор для измерения трения/отслаивания Labthink FPT-F1 (см. рис. 2), который имеется в аккредитованной Центральной заводской лаборатории ОАО «Витебскдрев». Прибор оснащен тензодачиком, с помощью которого снимаются показания силы трения. Электродвигатель обеспечивает движение несущей плоскости с постоянной скоростью. Технические характеристики прибора позволяют тестировать образцы на скоростях от 50 до 500 мм/мин. Значение силы регистрируется автоматически.



Рисунок 2. Прибор FPT-F1

Для выбора оптимальных параметров разрабатываемой методики использовались аналогично обработанные экспериментальные образцы хлопчатобумажной ткани. Проведены экспериментальные исследования, которые показали, что при увеличении площади контакта текстильных материалов, прошедших заключительную биохимическую отделку, наблюдается максимальный

диапазон изменения результатов измерений КТС. Об этом свидетельствует наибольшая разность КТС образцов в направлении основы и в направлении утка, поэтому при реализации метода горизонтальной плоскости для хлопчатобумажных тканей рекомендуется использовать колодку размером 65x120 мм.

Масса колодки выбрана $m_k=200\pm 5$ г, так как такая величина груза соответствует усилиям, имеющим место в реальных условиях эксплуатации одежды; кроме того, такая величина груза используется в работах других отечественных и зарубежных авторов, занимающихся исследованием тангенциального сопротивления [4].

По результатам исследований влияния скорости на изменение коэффициента тангенциального сопротивления установлено, что для хлопчатобумажных тканей рекомендуется устанавливать скорость перемещения несущей плоскости 300 мм/мин, так как при данной скорости наблюдается максимальный диапазон изменения результатов измерений КТС [5].

Экспериментально доказано, что при определении коэффициента тангенциального сопротивления полотен первые 9 измерений не следует учитывать, так как из-за притирания поверхностей силы трения меняются. За конечный результат измерения следует принимать среднее значение последних трех измерений.

На основании проведенных исследований выбраны оптимальные параметры испытаний, а также разработана методика «Определения коэффициента тангенциального сопротивления текстильных полотен». В соответствии с разработанной методикой коэффициент тангенциального сопротивления измеряется непосредственно по тангенциальному сопротивлению и приложенному весу, сжимающему два образца текстильного полотна вместе.

Авторами была проведена апробация разработанной методики на обработанных образцах хлопчатобумажной ткани высокоэффективными ферментосодержащими композициями белорусского производства при различных концентрациях препарата. На рисунках 3 и 4 представлена оценка статического и кинетического коэффициента тангенциального сопротивления хлопчатобумажной ткани.



Рисунок 3. Статический КТС хлопчатобумажной ткани

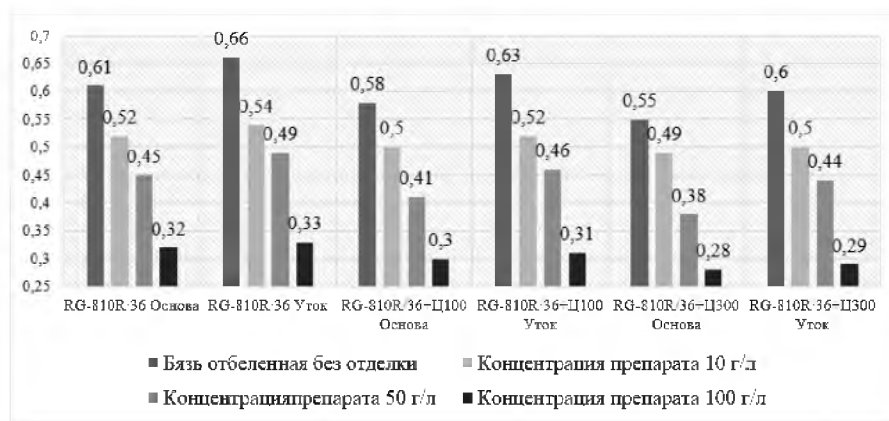


Рисунок 4. Кинетический КТС хлопчатобумажной ткани

Анализируя гистограммы, представленные на рисунках 3 и 4, можно сделать вывод, что с помощью разработанной методики возможно количественно оценить эффект после биохимической отделки, о чем говорит заметное снижение КТС. По полученным числовым данным можно сделать вывод, что с увеличением концентрации используемого препарата происходит снижение значения коэффициента тангенциального сопротивления. Также снижение по данному показателю происходит с увеличением активности ферментсодержащей композиции. Это связано с разрыхлением структуры целлюлозного волокна ферментом и более полным обволакиванием, глубоким проникновением в него силиконовой композиции. Полученные данные использовались для дальнейшего расчета неопределенности результатов измерений. На основании составленного бюджета неопределенности и рассчитанных коэффициентов чувствительности была вычислена расширенная неопределённость результата измерения, которая составила $\pm 0,02$ (при коэффициенте охвата 2 и вероятности охвата 0,95).

По результатам проведения эксперимента с целью валидации методики выполнения измерений коэффициента тангенциального сопротивления в части исследования и установления показателей точности измерений установлены следующие показатели:

- стандартное отклонение повторяемости $s_{rcm} = 0,0186$, $s_{rk} = 0,0214$;
- предел повторяемости $r_{cm} = 0,06$, $r_k = 0,07$;
- стандартное отклонение воспроизводимости $s_{Rcm} = 0,121$, $s_{Rk} = 0,123$;
- предел воспроизводимости $R_{cm} = 0,398$, $R_k = 0,405$.

Таким образом, в настоящей статье описана разработанная методика количественной оценки эффективности ранее разработанной авторами технологии умягчения хлопчатобумажных тканей. Применение ферментов в технологии биоумягчения позволит повысить экологичность и экономичность процессов, выигрывая при конкуренции с классическими химическими и физико-химическими методами воздействия, а также значительно улучшить качественные показатели готовой продукции. Методика позволяет повысить точность и объективность оценки структуры и туше текстильных полотен, а также предоставляет возможность научно обоснованным образом осуществлять выбор ре-

жимов специальной отделки текстильных полотен в зависимости от их назначения.

Список литературы:

1. Ленько, К.А. Использование ферментов в технологиях умягчения хлопчатобумажных постельных тканей К.А. Ленько, Н.Н. Ясинская, Н.В. Скобова, Д.Л. Лисовский // Сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума «Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления» / РГУ им. А.Н. Косыгина. – Москва, 2021. – с. 72-77.
2. Ленько, К.А. Рациональная технология умягчающей отделки льносодержащих махровых изделий / К.А. Ленько, Н.Н. Ясинская, Н.В. Скобова, Д.Л. Лисовский // Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы: сб. материалов XXIV Междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2021» / ИВГПУ, – Иваново, 2021. – С. 236-241.
3. Чешкова А.В. Ферменты и технологии для текстиля, моющих средств, кожи, меха: учебное пособие. – ГОУВПО «ИГХТУ», 2007. – 280 с.
4. Стельмашенко, В. И. Материалы для одежды и конфекционирование: учебник для академического бакалавриата / В. И. Стельмашенко, Т. В. Розаренова; под общ. ред. Т. В. Розареновой. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2019. – 308 с.
5. Марущак, Ю. И. Обоснование параметров измерения коэффициента тангенциального сопротивления тканых полотен / Марущак Ю. И., Ленько К. А., Ясинская Н. Н., Петюль И. А., Грошев И. М. // Вестник УО «ВГТУ». – Витебск, 2022. – С. 53-67.