

**АДАПТАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО
СОПРОТИВЛЕНИЯ ТКАНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ПРОШЕДШИХ
БИОХИМИЧЕСКУЮ ОБРАБОТКУ**

**ADAPTATION OF THE METHOD FOR DETERMINING THE TANGENTIAL
RESISTANCE OF WOVEN TEXTILE MATERIALS THAT HAVE PASSED
BIOCHEMICALLY TREATED**

Ю.И. Марущак, К.А. Ленко, Н.Н. Ясинская, И.А. Петюль
Yu.I. Marushchak, K.A. Lenko, N.N. Yasinskaya, I.A. Petul

Витебский государственный технологический университет (Республика Беларусь)
Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus)
E-mail: tonk.00@mail.ru, kotya240497@mail.ru, yasinskayaNN@rambler.ru,
petyl@inbox.ru

Проведены исследования влияния количества испытаний, площади контактирующих поверхностей и скорости перемещения несущей плоскости на коэффициент тангенциального сопротивления тканых текстильных материалов. Полученные данные позволили выбрать оптимальные параметры для разрабатываемой методики определения коэффициента тангенциального сопротивления. По результатам испытаний рассчитана неопределенность измерений, а разработанная методика валидирована и внедрена в производство.

Ключевые слова: коэффициент тангенциального сопротивления; фермент; горизонтальная плоскость; текстильно-вспомогательные вещества; туше.

Studies have been carried out on the influence of the number of tests, the area of contact surfaces and the speed of movement of the carrier plane on the coefficient of tangential resistance of woven textile materials. The data obtained made it possible to choose the optimal parameters for the developed method for determining the tangential resistance coefficient. Based on the test results, the measurement uncertainty was calculated, and the developed technique was validated and introduced into production.

Keywords: coefficient of tangential resistance; enzyme; horizontal plane textile auxiliaries; touch.

Текстильные материалы обладают рядом свойств, оказывающих эмоционально-эстетическое воздействие на человека. Поскольку текстильные изделия постоянно контактируют с телом человека, то непосредственное восприятие материала осуществляется, прежде всего, при осязании. Свойство, формируемое при осязании материала, называется туше. Для придания хлопчатобумажным тканям приятного туше, в процессе заключительной отделки их подвергают биохимической обработке и умягчению [1].

Согласно проведенным исследованиям Национального исследовательского университета «Высшей школы экономики», одной из наиболее импортозависимых отраслей промышленности в России и Беларуси является текстильная. Предприятия закупают поставляемые из-за рубежа препараты текстильной химии, ферментные препараты, предназначенные для отделки текстильных материалов. В данном исследовании ткани подвергаются обработке белорусскими препаратами фирмы ООО «Фермент», которая сравнительно недавно вышла на рынок текстильной химии [1].

В настоящее время в Республике Беларусь отсутствуют объективные методы оценки туше текстильных полотен, с помощью которых можно было бы количественно оценить эффект после умягчения, однако большинство исследователей утверждает, что для описания туше необходимо учитывать поведение текстильного изделия при трении [2].

И.В. Крагельский и А.Б. Пакшвер относят трение волокнистых материалов к трению сухих твердых тел [3]. На сегодняшний день в текстильном материаловедении под трением понимают сопротивление, возникающее, при относительном перемещении в плоскости

касания двух соприкасающихся тел, находящихся под действием нормальной нагрузки. В текстильных материалах, у которых на поверхности имеются неровности, чешуйки, торчащие кончики волоконца, возникает еще цепкость, т.е. сопротивление относительно перемещению двух соприкасающихся тел при нулевой нагрузке [4]. Для текстильных материалов свойственно одновременное проявление трения и цепкости и такое сопротивление называется тангенциальным сопротивлением. Основной характеристикой тангенциального сопротивления является коэффициент тангенциального сопротивления (далее – КТС). Различают статический и кинетический коэффициент тангенциального сопротивления. Статический КТС ($f_{ст}$) связан с измеренной силой, необходимой для начала движения одной поверхности по другой. Кинетический КТС (f_k) связан с силой, необходимой для поддержания такого движения [5].

В эксплуатации одежды важное значение имеют силы трения и цепкости материалов: они влияют на качество изделий и удобство пользования ими. Например, подкладочные ткани должны обладать хорошим скольжением, то есть пониженным КТС, для удобства надевания и снятия одежды, для лучшей стойкости к истиранию. Чем меньше КТС, тем лучше сохраняется внешний вид ткани, больше носкость изделия [2].

Анализ методов и приборов определения коэффициента тангенциального сопротивления (трения) показал, что на сегодняшний день существует ряд зарубежных и отечественных приборов, различающихся по виду движения. Методы определения коэффициента трения устанавливаются в различных международных и межгосударственных стандартах, таких как ISO 8295:1995 «Пластмассы. Пленки и листы. Определение коэффициентов трения», ASTM D1894-2014 «Стандартный метод испытаний для статического и кинетического коэффициентов трения пластиковой пленки и защитного покрытия» и т.д. Однако для текстильных полотен, прошедших специальные виды заключительной отделки, не существует стандартизированной методики определения коэффициента тангенциального сопротивления. Поэтому актуальной является задача разработки методики определения коэффициента тангенциального сопротивления, которая позволила бы количественно оценить изменения свойств туше после специальной умягчающей биохимической обработки тканей текстильных материалов.

Научная новизна работы состоит в установлении зависимостей изменения КТС от количества измерений, от скорости перемещения несущей плоскости и зависимость коэффициента от площадей контактирующих поверхностей несущей плоскости и колодки, на которых крепятся тестируемые образцы. Практическая значимость работы заключается в разработке новой методики определения коэффициента тангенциального сопротивления для тканей текстильных полотен, прошедших умягчающую биохимическую обработку.

Из существующих приборов, изученных в рамках данной работы, наиболее пригодным для измерения КТС текстильных полотен является прибор для измерения трения/отслаивания Labthink FPT-F1 (рис. 1), который имеется в аккредитованной Центральной заводской лаборатории ОАО «Витебскдрев».

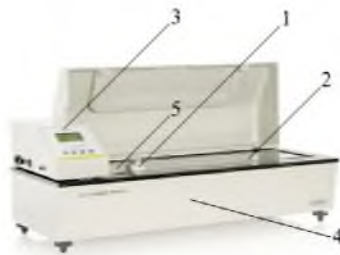


Рис. 1. Прибор FPT-F1

Прибор (рис. 1) оснащен тензодачиком, расположенным в коробке 3 с помощью которого снимаются показания силы трения. Электродвигатель 4 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 с помощью программного обеспечения labthink FPT-F1.

Для исследования параметров методики и оценки их влияния на результат измерения подготовлены экспериментальные образцы. В качестве объекта для исследований выбрана отбеленная хлопчатобумажная ткань производства ОАО «Барановичское производственное хлопкопрядильное объединение» постельного назначения поверхностной плотностью 134 г/м².

Классические способы умягчающей отделки тканей обеспечивают достижение эффекта за счет нанесения различных видов аппретов-мягчителей. Существенным их недостатком является кратковременность достигаемого результата и его неустойчивость к бытовым обработкам [6].

В настоящее время известны способы умягчения текстильных материалов из целлюлозных волокон с использованием ферментных препаратов целлюлолитического и пектолитического действия. Ферментативная модификация целлюлозных волокон является инновационным и экологически чистым подходом в решении проблемы умягчения махровых тканей и изделий. Таким образом, ткань подвергли биохимическому умягчению периодическим способом с применением ферментсодержащей силиконовой эмульсии «Силиксол RG-810/36+Ц300» концентрацией 0, 10, 50, 100 г/л производства ООО «Фермент». «Силиксол RG-810/36+Ц300» – гидрофильная микросиликоновая эмульсия с ферментным препаратом «Целлюлаза» активностью 300 ед/г в составе. На рис. 2 представлена схема и режим обработки хлопчатобумажной ткани. Испытуемые образцы вырезали в направлении основы и утка для исключения влияния свойств анизотропии.

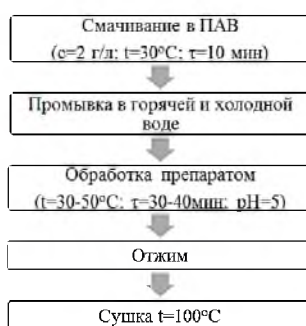


Рис. 2. Схема и режим обработки хлопчатобумажной ткани

На подготовленных образцах проведены экспериментальные исследования, которые показали, что при увеличении площади контакта текстильных материалов, прошедших заключительную биохимическую отделку, наблюдается максимальный диапазон изменения результатов измерений КТС, о чем 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 и такая величина груза используется в работах других отечественных и зарубежных авторов, занимающихся исследованием тангенциального сопротивления [2].

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 [2].

Также выбран минимально возможный объем измерений. Для этого проанализирован разброс результатов всего выполненного ряда измерений ($n=1\dots 20$); части ряда, в котором результаты имеют близкие значения после притирания образцов ($n=10\dots 20$); части ряда, включающего результаты, которые позволяют сделать вывод о завершении притирания и

достижении стабильных значений КТС ($n=10...12$). 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 [2].

На основании проведенных исследований выбраны оптимальные параметры испытаний и разработан проект методики «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.

В соответствии с разработанной методикой проведена оценка влияния высокоэффективных ферментсодержащих композиций белорусского производства на туше хлопчатобумажной ткани. В качестве объекта выбрана аналогичная отбеленная хлопчатобумажная ткань, которую подвергали умягчающей обработке по периодическому способу с применением индивидуальной силиконовой эмульсии и ферментсодержащей композиции целлюлолитического действия различной активности при концентрациях 10, 50, 100 г/л по схеме, представленной на рис. 2. Используемые препараты: RG-810R/36, RG-810R/36+Ц100 (с ферментным препаратом «Целлюлаза» активностью 100 ед/г) и RG-810R/36+Ц300 (с ферментным препаратом «Целлюлаза» активностью 300 ед/г).

На рис. 3 и 4 представлена оценка статического и кинетического коэффициента тангенциального сопротивления хлопчатобумажной ткани, обработанной разными способами и при различной концентрации препарата.

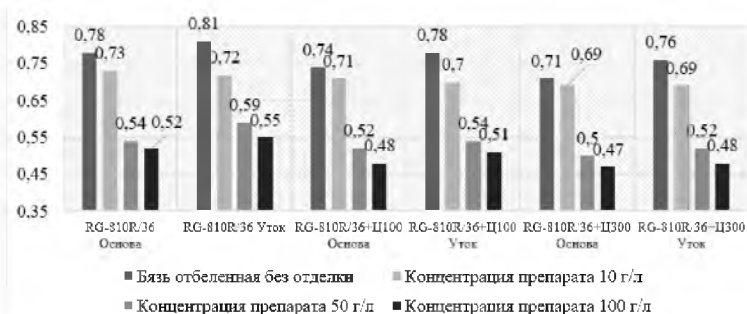


Рис. 3. Статический КТС хлопчатобумажной ткани



Рис. 4. Кинетический КТС хлопчатобумажной ткани

Анализируя гистограммы, представленное на рис. 3-4 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 происходит снижение по данному показателю с увеличением активности ферментсодержащей композиции. Это связано с разрыхлением структуры целлюлозного

волокна ферментом и более полным его обволакиванием, глубоким проникновением в него силиконовой композиции. Полученные данные использовались для дальнейшего расчета неопределенности результатов измерений.

Для визуализации логической последовательности операций и составления списка, используемых лабораторией технических средств, которые являются потенциальными факторами неопределенности [7], была построена технологическая карта определения коэффициента тангенциального сопротивления, представленная на рис. 5.

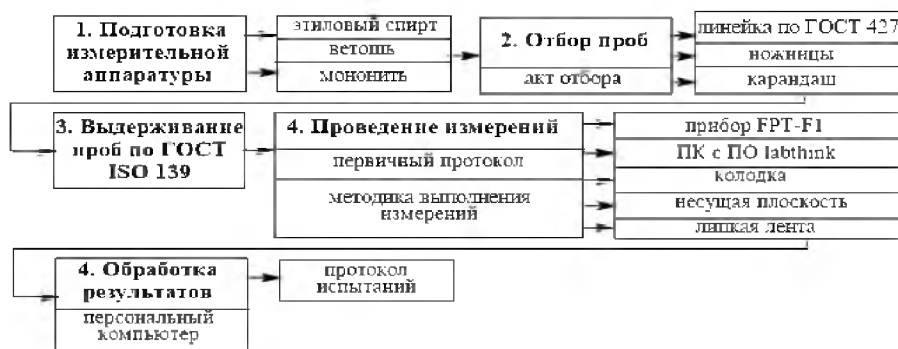


Рис. 5. Технологическая карта определения КТС

Источники неопределенности и их влияние на результат измерений определялись с помощью причинно-следственной диаграммы Исикавы. Был проведен анализ входных величин, результатом которого является составление бюджета неопределенности. На основании составленного бюджета неопределенности и рассчитанных коэффициентов чувствительности была вычислена расширенная неопределенность результата измерения, которая составила $\pm 0,02$ (при коэффициенте охвата 2 и вероятности охвата 0,95).

Валидация методов измерений являются одними из требований ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий» [8]. В рамках валидации разработанной методики было проанализировано 8 образцов хлопчатобумажного полотна, которое подвергли умягчению периодическим способом с применением эмульсии «Силикол RG-810/36+Ц300». Для описания точности метода измерений использовали термин прецизионность. Необходимость принятия во внимание прецизионности возникает из-за того, что испытания, выполняемые на предположительно идентичных материалах при предположительно идентичных обстоятельствах, обычно не дают тождественно равных результатов [8].

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 $R_{cm} = 0,398$, $R_k = 0,405$.

Методика выполнения измерений коэффициента тангенциального сопротивления может быть использована специалистами испытательной лаборатории с установленными показателями точности.

По результатам работы имеется 2 акта внедрения в учебный процесс УО «Витебский государственный технологический университет», а также методика внедрена на предприятии ОАО «Витебскдрев». Ожидаемый годовой экономический эффект от внедрения методики определения коэффициента тангенциального сопротивления текстильных полотен составляет 3 619,70 белорусских рублей (85 786,89 российских рублей). Экономический эффект возникает благодаря прибыли, получаемой за счет проведения измерений по разработанной методике для предприятий, заинтересованных в этом.

Результатом данной работы является разработанная методика определения коэффициента тангенциального сопротивления текстильных полотен, прошедших специальные виды заключительной отделки ферментными и силиконсодержащими композициями. Методика позволит повысить точность и объективность оценки структуры и туше текстильных полотен, предоставит возможность научно обоснованно осуществлять выбор режимов специальной отделки текстильных полотен в зависимости от их назначения. Данный инструментальный метод определения КТС и предлагаемые параметры проведения измерения могут быть использованы в качестве альтернативы органолептической оценке внешнего вида поверхности тканей (грифа), что повышает точность и объективность оценки получаемых при обработке эффектов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марущак, Ю. И. Исследование туше хлопчатобумажных текстильных материалов после умягчающей отделки ферментсодержащими композициями / Ю. И. Марущак, Н. Н. Ясинская, И. А. Петюль, К. А. Ленько // материалы Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием «Интекс-2022». – Москва, 2022. – С. 81-85.
2. 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.
3. Кукин, Г. Н. Текстильное материаловедение: (Волокна и нити): учеб. для вузов по спец. «Прядение натур. и хим. Волокон» / Г. Н. Кукин, А. Н. Соловьев, А. И. Кобляков; под ред. Г. Н. Кукина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Легпромбытиздат, 1989. – 348 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. ГОСТ 27492-87. Материалы электроизоляционные полимерные пленочные и листовые. Метод определения коэффициентов трения. – Введ. 1989-01-01. – М: Издательство стандартов, 1988. – 12 с.
6. Котко К. А., Ясинская Н. Н., Скобова Н. В. Технология биоумягчения махровых хлопчатобумажных изделий // Сб. науч. тр. международной науч. конф., посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Севостьянова – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2020. – Ч.2. – С. 243-247.
7. Савкова, Е. Н. Систематизация подходов к причинно-следственному моделированию неопределенности при отборе проб и пробоподготовке / Е. Н. Савкова // Стандартизация. – 2019. – № 1. – С. 33-44.
8. ГОСТ ISO/IEC 17025-2019. Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий. – Введ. 2019-09-01. – М.: Стандартиформ, 2020. – 25 с.