

РАЗРАБОТКА И ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН

Ю. И. МАРУЩАК

НАУЧНЫЕ РУКОВОДИТЕЛИ – Н. Н. ЯСИНСКАЯ, ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ДОЦЕНТ;
И. А. ПЕТЮЛЬ, КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ДОЦЕНТ

В работе представлены результаты разработки и валидации методики определения коэффициента тангенциального сопротивления текстильных полотен. Установлено, что для достоверности результатов необходимо проводить измерение коэффициента не менее 13 раз, принимая во внимание последние три значения. Установлена зависимость коэффициента тангенциального сопротивления от площади контакта и скорости перемещения несущей плоскости. Для тканых полотен рекомендуется использовать колодку размером 65x120 мм. Для повышения чувствительности метода горизонтальной плоскости рекомендуется устанавливать скорость 150-200 мм/мин. По результатам валидации разработанная методика измерений может быть использована специалистами испытательной лаборатории с установленными показателями точности.

Ключевые слова: туше; статический коэффициент; кинетический коэффициент; метод горизонтальной плоскости; умягчающая обработка.

1. ВВЕДЕНИЕ

Требования к повышению качества текстильной продукции белорусского производства для внедрения на мировой рынок приводит к необходимости придания специальных свойств на этапе заключительной отделки тканей, улучшающих их потребительские и эксплуатационные характеристики [1, с. 292].

В системе оценки качества материалов и изготавливаемых из них швейных изделий отдельное место отводится показателям художественно-эстетических свойств материалов, таких как блеск, фактура поверхности, туше или гриф. Они оказывают эмоционально-эстетическое воздействие на человека при органолептическом восприятии с помощью зрения и осязания. Туше – впечатление, возникающее от осязания материала. Для придания тканям приятного туше проводят обработку препаратами текстильной химии.

В последние ведутся исследования по аппретированию текстильных материалов силиконовыми аппретами-мягчителями и ферментсодержащими композициями, в ходе которых полотна и изделия приобретают дополнительную гладкость и шелковистость. В настоящее время происходит значительное расширение рынка текстильных вспомогательных веществ отечественного и импортного производства, что привело к появлению большого числа новых, неизвестных потребителю, марок препаратов. Такая ситуация вызывает определенные трудности у технологов отделочного производства по выбору наиболее эффективных текстильно-вспомогательных веществ [2, с. 72].

На сегодняшний день в Республике Беларусь отсутствуют объективные методы оценки туше текстильных полотен, с помощью которых можно было бы количественно оценить эффект после умягчения. Большинство исследователей считают, что для описания туше необходимо учитывать поведение текстильного изделия при трении (тангенциальное сопротивление). Тангенциальное сопротивление, как физическое явление, присутствует как во многих технологических операциях, так и в процессе эксплуатации швейных изделий. От тангенциального сопротивления зависят условия выполнения и параметры таких технологических операций как настиление, разрезание и стачивание материалов, выбор конструкций швов, методов обработки. Знание характеристик тангенциального сопротивления позволяет научно обосновано подходить к процессу конфекционирования материалов [3].

Существует ряд зарубежных и отечественных приборов для определения коэффициентов трения, различающихся по характеру перемещения контактирующих поверхностей, однако на сегодняшний день для текстильных полотен не существует стандартизированной методики определения коэффициента тангенциального сопротивления. Актуальной является задача разработки такой методики, с помощью которой можно было бы количественно оценить эффект после умягчения.

Объект исследования – тканые полотна из целлюлозных волокон со специальным видом заключительной отделкой. *Предметом исследования* являются методы и методики определения коэффициента тангенциального сопротивления текстильных полотен.

Цель работы – разработка и валидация методики определения коэффициента тангенциального сопротивления текстильных полотен.

2. АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

При выборе изделий потребители обращают большое внимание на художественно-эстетические показатели материалов и изделий. Характеристики таких свойств являются результатом сложного взаимодействия между структурными, физико-механическими свойствами материала, физиологическими и психофизиологическими воздействиями на человека [3]. Первые работы по созданию методов оценки туше были посвящены анализу словесного описания туше статистическому сравнительному анализу субъективных и объективных методов его оценки, а также анализу психологических ощущений. Во многих работах оценка туше проводится в основном органолептически.

Большинство исследователей считают, что для полного описания туше необходимо учитывать растяжимость, эластичность, жесткость при изгибе, поведение при трении (тангенциального сопротивления) и свойства поверхности текстильного изделия. В данной работе остановимся на рассмотрении поведения материала при трении.

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 относительному перемещению двух соприкасающихся тел при нулевой нагрузке. Для текстильных материалов свойственно одновременное проявление трения и цепкости. Сопротивление, возникающее при совместном проявлении трения и цепкости, называется *тангенциальным сопротивлением*.

Основной характеристикой тангенциального сопротивления является *коэффициент тангенциального сопротивления* (далее – КТС). Различают *статический* или начальный КТС (f_{cm}), который связан с измеренной силой, необходимой для начала движения одной поверхности по другой и *кинетический* или коэффициент трения скольжения (f_k), который связан с силой, необходимой для поддержания такого движения.

Методы определения КТС весьма разнообразны. Практически для этой цели в различных работах использовано свыше десятка разнообразных устройств. Проф. И. В. Крагельский предложил классификацию, базирующуюся на характере относительного перемещения поверхностей. Согласно данной классификации, приборы и методы делятся по принципу перемещения взаимодействующих тел на четыре группы: I – поступательное перемещение плоскостей; II – вращательное перемещение плоскостей; III – плоскость соприкасается с образующей цилиндрической поверхности; IV – две цилиндрические поверхности соприкасаются при их относительном перемещении [3]. Наибольшее распространение для определения коэффициента тангенциального трения текстильных полотен получили приборы I группы.

В рамках данной работы рассмотрены современные приборы для измерения коэффициента трения, которые условно можно разделить на приборы, работающие по принципу наклонной плоскости и приборы, основанные на методе горизонтальной плоскости. Анализируя все существующие методы, можно сделать вывод, что в рамках данной работы наиболее просто реализуемый и доступный является метод горизонтальной плоскости с использованием прибора для измерения трения/отслаивания Labthink FPT-F1.

3. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Методики выполнения измерений (далее – МВИ) являются одним из важнейших элементов обеспечения единства измерений. Для разработки методики, с помощью которой можно было бы количественно оценить эффект после умягчения выбран 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.

Для исследования параметров МВИ и оценки их влияния на результат измерения были подготовлены экспериментальные образцы. В качестве объекта для исследований была выбрана отбеленная хлопчатобумажная ткань (арт. 857) производства ОАО «Барановичское производственное хлопкопрядильное объединение» (Республика Беларусь) постельного назначения поверхностной плотностью 134 г/м². Ткань подвергли умягчению периодическим способом с применением эмульсии «Силикол RG-810/36+Ц300» концентрацией 0, 10, 50, 100 г/л производства ООО «Фермент» (Республика Беларусь), которая сравнительно недавно вышла на рынок текстильно-вспомогательных веществ, но предлагающая широкий спектр силиконовых мягчителей и ферментных препаратов для обработки текстильных материалов. «Силикол RG-810/36+Ц300» – гидрофильная силиконовая эмульсия с ферментным препаратом «Целлюлаза» активностью 300 ед/г в составе. На рис. 2 представлена схема и режим обработки хлопчатобумажной ткани.

Испытуемые образцы, располагаемые на несущей плоскости 2 (рис. 1), вырезаются в направлении основы и утка так, чтобы их длина в этом направлении составляла 380 мм, а ширина 105 мм. Данные размеры образцов обусловлены размерами несущей плоскости, которая представляет собой полированный лист из дюралюминия 120x400x6 мм.



Рис. 2. Схема и режим обработки хлопчатобумажной ткани

Образцы крепятся на несущей плоскости и колодке. Конец нейлоновой нити 5 (рис. 1) крепится к рым-болту колодки с закрепленным на ней образцом. Включается механизм передвижения, предварительно отрегулированный на заданную скорость и по окончании измерения снимаются показания силы.

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 [4, с. 227]. 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, с. 81]. 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 и разработана методика «Определения коэффициента тангенциального сопротивления текстильных полотен».

4. РАСЧЕТ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ

Для визуализации логической последовательности операций и составления списка, используемых лабораторией технических средств, которые являются потенциальными факторами неопределенности, была построена технологическая карта определения коэффициента тангенциального сопротивления, представленная на рис. 3.

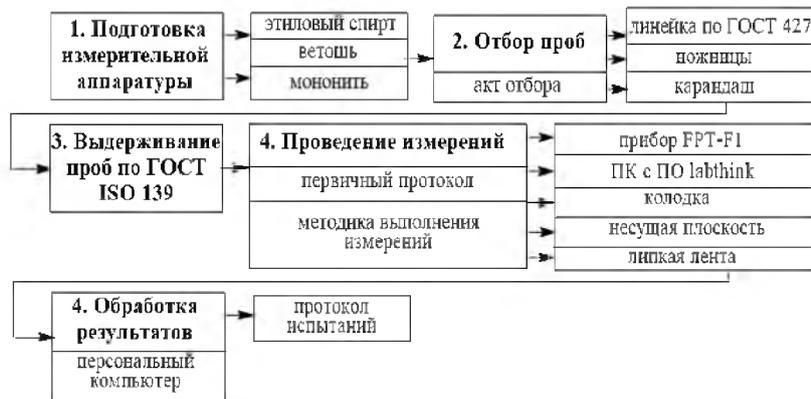


Рис. 3. Технологическая карта определения коэффициента тангенциального сопротивления

Источники неопределенности и их влияние на результат измерений определялись с помощью причинно-следственной диаграммы Исикавы, которая представлена на рис. 4.

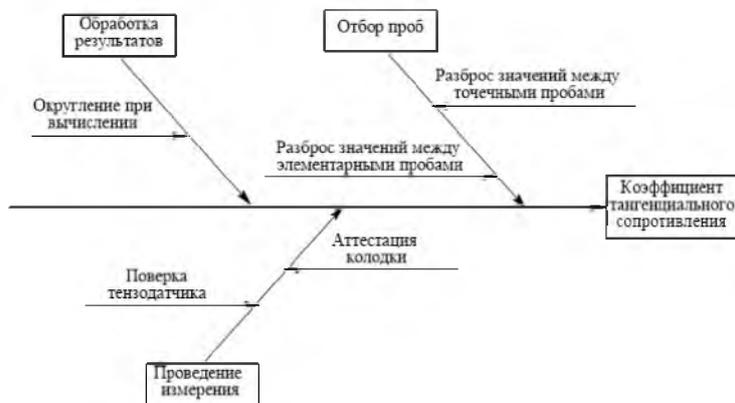


Рис. 4. Источники неопределенности

По результатам был составлен бюджет неопределенности. Из исходной математической модели путем нахождения частных производных определили коэффициенты чувствительности. Расширенную неопределенность получили умножением суммарной стандартной неопределенности на коэффициент охвата $k = 2$, при уровне доверия 95 %. Таким образом, полный результат измерений представим в виде:

$$f_i = f_{cpi} \pm U_p(f) = (0,73 \pm 0,02), \tag{1}$$

где f_i – коэффициент тангенциального сопротивления i -го опыта, f_{cpi} – среднее значение коэффициентов тангенциального сопротивления i -го опыта, $U_p(f)$ – расширенная неопределенность.

5. ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ

Валидация методов измерений являются одними из требований ГОСТ ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий». Метод валидируют, когда необходимо убедиться в том, что его характеристики подходят для конкретного применения.

В рамках валидации было проанализировано 8 образцов хлопчатобумажного полотна. Перед вычислением показателя повторяемости и воспроизводимости проводилась проверка гипотезы о наличии выбросов в совокупностях стандартных отклонений между параллельными значениями. Для проверки гипотезы о наличии выбросов в совокупностях абсолютных разностей применялся статистический критерий Кохрена.

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 $s_{rcm} = 0,0186$, $s_{r\kappa} = 0,0214$;

предел повторяемости $r_{cm} = 0,06$, $r_{\kappa} = 0,07$;

стандартное отклонение воспроизводимости $sR_{cm} = 0,121$, $sR_{\kappa} = 0,123$;

предел воспроизводимости $R_{cm} = 0,398$, $R_{\kappa} = 0,405$.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная методика измерения коэффициента тангенциального сопротивления может быть использована для оценки эффекта после умягчения текстильных полотен силиконовыми мягчителями и ферментсодержащими композициями. 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.

Библиографические ссылки

1. Ясинская Н. Н., Лисовский Д. Л. Использование целлюлаз в технологии умягчения льняных тканей // 53-я междунар. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов : материалы докл. Витебск : ВГТУ, 2020. С. 292–295.
2. Ленько К. А. [и др.] Использование ферментов в технологиях умягчения хлопчатобумажных постельных тканей // Современные инженерные проблемы в производстве товаров народного потребления : сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. симпозиума. М. : РГУ, 2021. С. 72–77.
3. Флегонтов А. Н. Разработка методов оценки и прогнозирования тангенциального сопротивления льняных тканей: автореферат диссертации кандидата технических наук : 05.19.01 / Костромской государственной технологической университет. Кострома, 2014.
4. Маруцак Ю. И. [и др.] Влияние площади контакта материалов на коэффициент тангенциального сопротивления тканей // XXX междунар. науч.-техн. конф. аспирантов, магистрантов и студ. : материалы. Гродно, 2022. С. 227–230.
5. Маруцак Ю. И. [и др.] Исследование туше хлопчатобумажных текстильных материалов после умягчающей отделки ферментсодержащими композициями // Интекс-2022 : материалы Всероссийской науч. конф. молодых исследователей с междунар. участием. М., 2022. С. 81–85.