

Список использованных источников:

1. Базаев, Н. А. Особенности использования микросхемы AD5933 в качестве измерителя импеданса при проектировании малогабаритных систем / Н. А. Базаев, А. В. Пржиялговская, П. А. Руденко // Известия вузов. Электроника. – 2016. – Том 21. № 3. – С. 279–285.
2. Образцов, С. А. Прецизионный конвертор импеданса AD5933 / С. А. Образцов, Ю. Б. Троицкий // Современная электроника. – 2009. – № 9. – С. 12–15.

УДК 677.016.671

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН

*Марущак Ю.И., студ., Петюль И.А., к.т.н., доц.,  
Ясинская Н.Н., д.т.н., доц., Ленько К.А., асп.*

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

**Ключевые слова:** туше, статический коэффициент тангенциального сопротивления, кинетический коэффициент тангенциального сопротивления, метод горизонтальной плоскости, неопределенность, заключительная отделка.

**Реферат.** В последние годы ведутся исследования по аппретированию текстильных материалов силиконовыми смягчителями, в ходе которых полотна и изделия приобретают дополнительную гладкость. Однако на сегодняшний день отсутствуют объективные методы оценки туше текстильных полотен. Результатом данной работы является разработанная методика определения коэффициента тангенциального сопротивления текстильных полотен на приборе FRT-F1. Разработанная методика может быть использована для оценки эффекта после умягчения текстильных полотен силиконовыми смягчителями и ферментсодержащими композициями, а также может быть применена при конфекционировании текстильных полотен. В рамках работы рассчитана расширенная неопределенность результата измерения по разработанной методике, которая составила  $\pm 0,02$  (при коэффициенте охвата 2 и вероятности охвата 0,95). По результатам проведения эксперимента с целью валидации методики измерения коэффициента тангенциального сопротивления в части исследования и установления показателей точности измерений установлены: стандартное отклонение повторяемости; предел повторяемости; стандартное отклонение воспроизводимости; предел воспроизводимости.

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 [1]. Для придания тканям приятного туше проводят обработку хлопчатобумажных и льняных тканей препаратами текстильной химии. Однако на сегодняшний день в Республике Беларусь отсутствуют объективные методы оценки туше текстильных полотен. Актуальной является задача разработки такой методики, с помощью которой можно было бы количественно оценить эффект после умягчения.

Основными документами в Республики Беларусь, распространяющимися на методики измерения и устанавливающими общие положения и требования, относящиеся к разработке, стандартизации методик измерений и метрологическому надзору (контролю) за ними, являются ГОСТ 8.010-2013; постановления Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь № 44 «Об утверждении Правил разработки и применения методик (методов) измерений»; № 43 «Об утверждении Правил осуществления метрологической оценки в виде работ по аттестации методик (методов) измерений»; № 61 «Об утверждении Методических рекомендаций по оформлению методик (методов) измерений» [2]. Методики измерения разрабатывают и применяют с целью обеспечить выполнение измерений с требуемой точностью.

Для описания туше необходимо учитывать поведение текстильного изделия при трении (тангенциальное сопротивление), основной характеристикой которого является коэффициент

тангенциального сопротивления (далее – КТС) [3]. В Японии на кафедре химии полимеров Киотского университета группой под руководством профессора Кавабата была разработана система оценки Кавабата, которая представляет собой серию инструментов, используемых для измерения тех свойств текстильных материалов, которые позволяют прогнозировать эстетические качества, воспринимаемые человеческим прикосновением [4]. Данная система также рассматривает трение, как один из показателей, влияющий на туше материала.

Существует ряд зарубежных и отечественных приборов для определения коэффициентов трения (тангенциального сопротивления). Однако на сегодняшний день наиболее пригодным для измерений коэффициента тангенциального сопротивления текстильных полотен и доступным для проведения измерений, является прибор для измерения трения/отслаивания Labthink FPT-F1, представленный на рисунке 1.



1 – персональный компьютер с программным обеспечением labthink FPT-F1;  
2 – коробка с расположенным в ней тензодатчиком; 3 – нейлоновая монопить;  
4 – несущая плоскости; 5 – колодка

Рисунок 1 – Прибор FPT-F1 с закрепленными образцами

Были проведены экспериментальные исследования с целью выбора рациональных параметров измерения КТС текстильных полотен, прошедших специальные виды заключительной отделки силиконсодержащими препаратами [5, 6]. Для исследования параметров методики измерения 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/м<sup>2</sup>. Ткань подвергли умягчению периодическим способом с применением эмульсии «Силиксол RG-810/36+Ц300» концентрацией 0, 10, 50, 100 г/л. «Силиксол RG-810/36+Ц300» – гидрофильная силиконовая эмульсия с ферментным препаратом «Целлюлаза» активностью 300 ед/г в составе [1]. На рисунке 2 представлена схема и режим обработки хлопчатобумажной ткани.

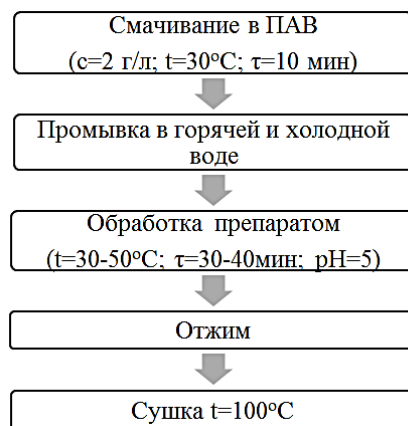


Рисунок 2 – Схема и режим обработки хлопчатобумажной ткани

Исследования показали, что при увеличении площади контакта текстильных материалов, прошедших заключительную биохимическую отделку силиконосодержащими препаратами, 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 [7]. 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 [1, 8].

По результатам исследований 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 [1].

Был обоснованно выбран минимально возможный объем измерений. Для этого был 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 ( $n=10\dots 12$ ). 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. Данные параметры учитывались при разработке методики измерения.

Разработанная методика «Определение коэффициента тангенциального сопротивления текстильных полотен» распространяется на текстильные полотна, прошедшие заключительную биохимическую отделку силиконосодержащими препаратами и устанавливает порядок определения статического (покоя) и кинетического (движения) коэффициента тангенциального сопротивления.

В соответствии с разработанной методикой коэффициент тангенциального сопротивления измеряется непосредственно по тангенциальному сопротивлению и приложенному весу, сжимающему два образца текстильного полотна вместе. Статический коэффициент относится к силе, необходимой для начала движения между двумя поверхностями, кинетический относится к силе, необходимой для обеспечения продолжения движения с постоянной скоростью [9].

Измерения по разработанной методике выполняются при нормальных условиях, а именно при температуре окружающего воздуха ( $20 \pm 5$ ) °С и относительной влажности воздуха ( $65 \pm 15$ ) %. Перед выполнением измерений должны быть проведены следующие работы: подготовка измерительной аппаратуры, отбор проб. Подготовка измерительной аппаратуры включает: крепление одного конца нейлоновой нити к тензодатчику, предварительное протирание колодки и несущей плоскости для удаления посторонних веществ и установление скорости перемещения несущей плоскости на 300 мм/мин.

Раздел «Проведение измерений» содержит перечень с указанием объема и последовательности операций, периодичность и число измерений, описание операций, требования к представлению промежуточных и конечных результатов (число значащих цифр и др.).

Порядок выполнения измерений по разработанной методике следующий:

1. Элементарную пробу размером 380×105 мм закрепляют на несущей плоскости с помощью липкой ленты. Расправляют образцы текстильного полотна для устранения складок, не допуская загрязнения поверхности образца руками.
2. Липкой лентой закрепляют края элементарной пробы размерами 200×90 мм к нижней плоскости колодки, натягивая образец для устранения складок, но не допуская его растяжения.
3. Конец нейлоновой нити крепится к колодке с образцом. Не натягивая нить, помещают колодку в начальное положение на горизонтальной плоскости (рисунок 1).
4. Включают механизм передвижения. Колодка и движущаяся несущая плоскость могут оставаться неподвижными относительно друг друга до тех пор, пока сила, сдвигающая колодку, не станет равной или превысит силу статического трения между поверхностями. С помощью программного обеспечения labthink FPT-F1 фиксируется максимальное значение силы, которая является компонентом статического КТС.

5. С помощью компьютерной программы снимают среднее значение силы при равномерном движении поверхностей относительно друг друга на расстоянии 250 мм. Эта сила равна кинетической силе, необходимой для поддержания движения поверхностей относительно друг друга.

6. После прохождения колодкой расстояния 250 мм выключают установку и возвращают колодку в исходное положение.

7. На каждой элементарной пробе проводят 12 измерений. Первые 9 измерений для каждой элементарной пробы проводятся для притирания поверхностей и не учитываются при обработке результатов измерений.

В соответствии с разработанной методикой статический коэффициент тангенциального сопротивления для каждой элементарной пробы вычисляют по формуле

$$f_{cmij} = \frac{F_{cmij}}{m_k g}, \quad (1)$$

где  $F_{cmij}$  – сила  $j$ -го измерения  $i$ -ой точечной пробы, соответствующая началу движения, Н;  $m_k$  – масса колодки, г;  $g$  – ускорение свободного падения, принимаемое равным  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

Кинетический коэффициент тангенциального сопротивления для каждой элементарной пробы вычисляют по формуле

$$f_{kij} = \frac{F_{kij}}{m_k g}, \quad (2)$$

где  $F_{kij}$  – среднее значение силы  $j$ -го измерения  $i$ -ой точечной пробы, соответствующее равномерному скольжению поверхностей относительно друг друга, Н.

За результат измерения статического и кинетического КТС по элементарной пробе принимают среднее значение по результатам последних трех измерений отдельно в направлении основы и утка, с точностью до двух значащих цифр. За окончательный результат измерения статического и кинетического КТС принимают среднее значение, вычисленное по всем элементарным пробам отдельно в направлении основы и в направлении утка. Окончательный результат измерения округляют с точностью до двух значащих цифр.

В соответствии с национальными и международными стандартами результат измерений необходимо представлять, как истинное значение измеряемой величины с указанием показателей точности. К показателям точности относятся среднее квадратическое отклонение, доверительный интервал, суммарная стандартная неопределенность, расширенная неопределенность [10]. В рамках данной работы была рассчитана неопределенность результата измерений по разработанной методике.

Для визуализации логической последовательности операций и составления списка, используемых лабораторией технических средств, которые являются потенциальными факторами неопределенности [11], была построена технологическая карта определения коэффициента тангенциального сопротивления, представленная на рисунке 3. Графически технологические карты удобно оформлять в виде схем с указанием наименования операции, списка технических средств и средств регистрации информации [11].

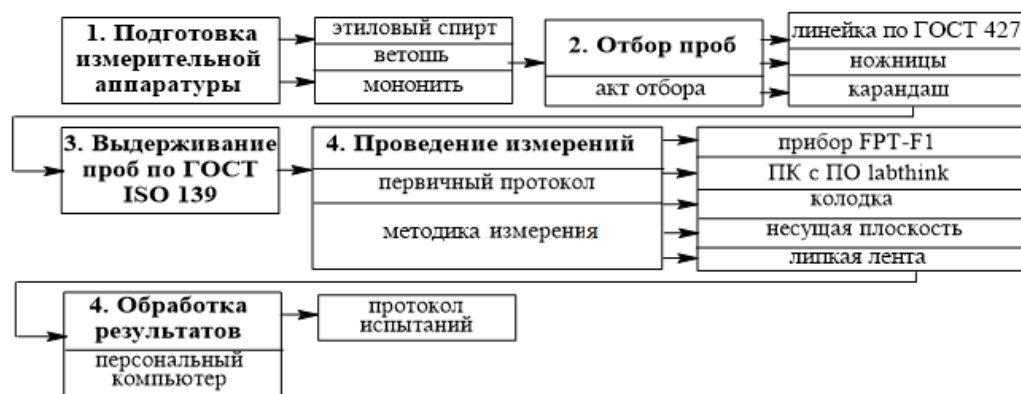


Рисунок 3 – Технологическая карта определения коэффициента тангенциального сопротивления

В соответствии с разработанной методикой были получены результаты измерений статического коэффициента тангенциального сопротивления для хлопчатобумажной ткани со специальными видами заключительной отделки.

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

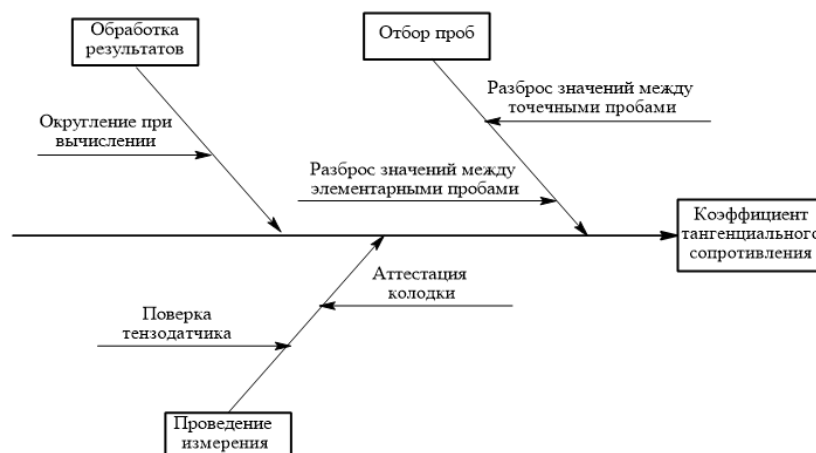


Рисунок 4 – Источники неопределенности

Был проведен анализ входных величин, результатом которого является составление бюджета неопределенности. 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).

Валидация методов измерений является одним из требований ГОСТа ISO/IEC 17025-2019 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».

Требования к методам измерения устанавливаются через рабочие характеристики. Определяя рабочие характеристики методики измерений и сравнивая их с предъявляемыми к ним требованиями, пользователь подтверждает целевое назначение методики измерений.

Перечень рабочих характеристик: избирательность; предел обнаружения; диапазон измерения; показатели точности измерений (прецизионности и правильности).

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». Данный термин предполагает близость между результатами измерений. 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 [12]. Два условия прецизионности, называемые условиями повторяемости и воспроизводимости, были признаны необходимыми для описания изменчивости результатов метода измерений. При определении показателя повторяемости использовались абсолютные разности параллельных определений, полученные на различных образцах в условиях повторяемости. Для вычисления показателя воспроизводимости использовались экспериментальные данные, полученные при проведении внутрिलाбораторного эксперимента.

Результатом данной работы является разработанная методика определения коэффициента тангенциального сопротивления текстильных полотен, прошедших специальные виды заключительной отделки силиконсодержащими препаратами. 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. По результатам измерений коэффициента тангенциального сопротивления могут быть даны рекомендации по выбору наиболее эффективных текстильно-вспомогательных веществ. Расширенная неопределённость результата измерения по разработанной методике составила  $\pm 0,02$  (при коэффициенте охвата 2 и вероятности охвата 0,95).

По результатам проведения эксперимента с целью валидации методики измерения 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 измерения коэффициента тангенциального сопротивления может быть использована специалистами испытательной лаборатории с установленными показателями точности.

Список использованных источников:

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. Государственная система обеспечения единства измерений. Методики выполнения измерений. Основные положения: ГОСТ 8.010-2013. – Введ. 01.04.2017. – Минск: БелГИСС, 2017. – 22 с.
3. Бузов, Б. А. Материаловедение в производстве изделий легкой промышленности (швейное производство): учебник для студ. вузов / Б. А. Бузов, Н. Д. Алыменкова; под ред. Б. А. Бузова. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 448 с.
4. Kawabata Evaluation System. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://textiles.ncsu.edu/tpacc/comfort-performance/kawabata-evaluation-system/>. Дата доступа: 10.07.2022.
5. Ясинская, Н. Н. Использование целлюлаз в технологии умягчения льняных тканей / Н. Н. Ясинская, Д. Л. Лисовский // Материалы докладов 53-й международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. – Витебск: УО «ВГТУ», 2020. – С. 292–295.
6. 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». – Москва : РГУ им. А.Н., 2021. – С. 72–77.
7. Марущак, Ю. И. Влияние площади контакта материалов на коэффициент тангенциального сопротивления тканей / Ю. И. Марущак, Н. Н. Ясинская, И. А. Петюль, К. А. Ленько // Материалы XXX международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов. – Гродно, 2022. – С. 227–230.
8. Флегонтов, А. Н. Разработка методов оценки и прогнозирования тангенциального сопротивления льняных тканей: автореферат диссертации кандидата технических наук: Спец. 05.19.01 / А. Н. Флегонтов. – Костромской государственной технологической университет. – Кострома, 2014. – 16 с.
9. Материалы электроизоляционные полимерные пленочные и листовые. Метод определения коэффициентов трения: ГОСТ 27492-87. – Введ. 01.01.1989. – Минск, 1988. – 12 с.
10. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения: РМГ 29-2013. – Введ. 01.03.2019. – М., 2013. – 83 с.
11. Савкова, Е. Н. Систематизация подходов к причинно-следственному моделированию неопределенности при отборе проб и пробоподготовке / Е. Н. Савкова // Стандартизация. – 2019. – № 1. – С. 33–44.
12. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Общие принципы и определения: СТБ ISO 5725-1-2002. – Введ. 2003-07-01. – М. : Стандартинформ, 2002. – 28 с.