

Список использованных источников

1. Наumenко, А. М. Разработка системы измерения динамических свойств переноса жидкостей текстильных изделий / А. М. Наumenко, Б. О. Муравьев // Тезисы докладов 56-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : Витебск, 19 апреля 2023 года. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2023. – С. 177.
2. Исследование относительной диэлектрической проницаемости моторного масла с использованием портативного измерителя импеданса / А. А. Джежора [и др.] // Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2022) : материалы докладов международной научно-технической конференции, Витебск, 23–24 ноября 2022 года. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2022. – С. 109–112.

УДК677.017.632

АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ИСПАРЕНИЯ ВЛАГИ ИЗ ТКАНИ

*Шеленговский В. О., асп., Шут В. Н., проф., Наumenко А. М., к.т.н.
Витебский государственный технологический университет,
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрены методы, используемые для определения скорости испарения влаги из ткани, проведен анализ и отмечены особенности приведенных методов.

Ключевые слова: функциональный текстиль, гигроскопичность, ткани для специальной одежды, скорости высушивания, метод воздушного потока.

В современном мире текстильная промышленность является одной из ведущих отраслей, так как текстильные изделия широко используются в различных сферах нашей жизни. В связи с этим, актуальной проблемой является разработка новых устройств и методов для улучшения качества и характеристик текстильных материалов.

Одной из ключевых характеристик текстильных изделий является их способность испарять влагу со своей поверхности. Это свойство напрямую влияет на комфорт и благополучие человека, носит критическое значение в условиях интенсивной физической активности, высоких температур, а также в профессиональных сферах.

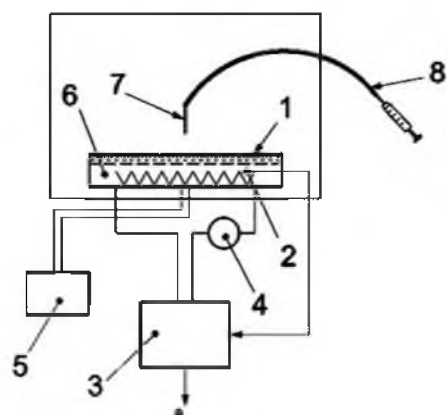
В данной работе рассмотрены основные методы оценки скорости испарения влаги из ткани.

ГОСТ Р ИСО 13029–2014 Определение скорости сушки в динамическом режиме (метод испытаний с использованием модифицированной нагревательной плитки с регулируемым увлажнением).

Метод основан на измерении времени, необходимого для испарения 5 мл дистиллированной воды с поверхности текстильного образца в контролируемых условиях (рис. 1). Испытание проводится в динамическом режиме, имитирующем реальные условия эксплуатации (например, при контакте ткани с кожей во время физической активности).

Образцы размером 300 × 300 мм вырезают из материала и кондиционируют при температуре 35 °С и относительной влажности 40 % в течение 12 часов. Толщина материала не должна превышать 5 мм. Образец помещают на нагревательную плитку с регулируемым увлажнением (аппаратура соответствует ИСО 11092). Устанавливают температуру 35 °С, влажность 40 % и скорость воздуха 1 м/с. Фиксируют значение непроницаемости для паров воды R в равновесном состоянии до увлажнения. Образец увлажняют 5 мл воды (температура 20 ± 2 °С), подаваемой через устройство с высоты 50 мм в течение 5 секунд. Фиксируют момент начала сушки (t_1) – отклонение R от равновесного значения. Фиксируют момент завершения сушки (t_2) – возврат R к 99 % от исходного значения. Время сушки рассчитывают по формуле (1). Результат выражают в секундах на 5 мл воды.

$$t = t_2 - t_1. \quad (1)$$



1 – образец для испытаний;
2 – датчик температуры;
3 – регулятор температуры;
4 – устройство измерения мощности нагрева; 5 – устройство подачи воды;
6 – металлический блок, включающий нагревательные элементы;
7 – устройство подачи воды; 8 – шприц, соединенный с гибкой трубкой

Рисунок 1 – Измерительная установка, использующая нагревательную плитку с регулируемым увлажнением и устройством подачи воды

Метод предназначен для оценки скорости сушки тканей, контактирующих с кожей (например, спортивная одежда, нижнее белье). Не применяется для материалов толще 5 мм или непроницаемых для водяного пара.

ГОСТ Р ИСО 17617-2017 Материалы текстильные. Методы испытаний для определения скорости высушивания.

Метод оценивает скорость испарения влаги из текстильных образцов в контролируемых условиях. В отличие от ГОСТ Р ИСО 13029-2014, здесь предусмотрены три варианта проведения испытаний:

- Метод А1: вертикальная сушка с подвешиванием образца.
- Метод А2: вертикальная сушка с размещением образца на весах сверху.
- Метод В: горизонтальная сушка с односторонним испарением.

Образцы кондиционируют при температуре 20 °С и влажности 65 % в течение 24 часов. Размеры образцов зависят от метода: для А1 и А2 – квадрат 200×200 мм или 100×100 мм; для В – круг диаметром 85 мм. Проверочное испытание определяют способностью материала впитывать воду (время абсорбции должно быть ≤ 60 с). Нанесение влаги: для А1 – 0,3 мл воды; для А2 – 0,08 мл; для В – 0,1 мл. Образец взвешивают с интервалами 5 минут до достижения 90–100 % сушки. Фиксируют массу воды M_t в каждый момент времени t .

Остаточную влагу W_t вычисляют по формуле (2).

$$W_t = M_0 - M_t, \quad (2)$$

Процент высушенной массы вычисляют по формуле (3).

$$L_t = \frac{W_t}{M_0 - M_t} \cdot 100. \quad (3)$$

Скорость сушки (DR , %/мин) определяют через линейную регрессию L_t от времени.

Данный метод полезен для сравнения тканей в разных условиях эксплуатации (например, спортивная одежда и домашний текстиль).

ААТСС 200-2013 Скорость сушки текстиля при полном поглощении влаги: метод воздушного потока.

Метод измеряет скорость испарения влаги из текстиля, доведенного до максимальной поглощающей способности, с использованием контролируемого воздушного потока.

Образцы (15 × 15 см) кондиционируют при 21 ± 1 °С и 65 ± 2 % влажности. Проверяют время впитывания воды (≤ 30 с по ААТСС ТМ 79). На образец наносят увеличивающиеся объемы воды (шаг 0,1 мл), пока вода не начнет просачиваться. Максимальный объем без просачивания – поглощающая способность (V_m). Используют 5 объемов воды: 10 %, 25 %, 50 %, 75 % и 90 % от V_m . Температуру поверхности фиксируют ИК-датчиком – каждую секунду до возврата к исходному значению. Воздушный поток: $2,5 \pm 0,5$ м/с через отверстие диаметром 13 см. Строят график температуры от времени. Время сушки = момент пересечения крутого и пологого участков графика. Скорость сушки (R , мл/ч) вычисляют по формуле (4).

$$R = V / (\text{Время сушки}), \quad (4)$$

Данные аппроксимируют уравнением по формуле (5).

$$R = a \cdot (1 - e^{bV}). \quad (5)$$

где a – максимальная скорость сушки (R_{max}).

Данный метод позволяет учитывать реальные условия эксплуатации (величину воздушного потока), требует предварительного теста на впитываемость.

ААТСС ТМ 201-2014 Скорость сушки текстиля при полном поглощении влаги: метод воздушного потока.

Метод основан на измерении времени испарения влаги из ткани, которая предварительно пропитывается заданным количеством воды. Ткань помещается на нагретую пластину, имитирующую температуру человеческой кожи (37 °C), и высушивается под воздействием контролируемого потока воздуха. Измерения проводятся с помощью датчиков, фиксирующих изменения массы и температуры образца.

Из ткани вырезают три образца размером $15,0 \times 15,0 \pm 5$ см. Образцы кондиционируют в соответствии со стандартом ASTM D1776 (температура $21 \pm 2^\circ\text{C}$, относительная влажность 65 ± 5 %) в течение минимум 4 часов. Нагревательная пластина стабилизируется на температуре $37 \pm 1^\circ\text{C}$. Скорость воздушного потока устанавливается на уровне $1,5 \pm 0,5$ м/с. Используется 1 мл деионизированной или дистиллированной воды.

Образец ткани помещается на нагретую пластину. На поверхность образца наносится 1 мл воды. Фиксируется время, за которое ткань полностью высыхает. Определяется время высыхания и рассчитывается скорость испарения влаги. Результаты могут быть представлены в виде графиков изменения массы или температуры образца в реальном времени.

Этот метод широко используется для оценки функциональных свойств тканей, особенно в спортивной и медицинской одежде, где важны комфорт и эффективность влагоотведения.

По освещенной выше информации можно выделить ключевые отличия методов (табл. 1) и специфику применения методов.

Таблица 1 – Ключевые отличия методов

Метод	Принцип измерения	Основные параметры	Условия испытаний	Типы тканей
ГОСТ Р ИСО 13029-2014	Измерение времени сушки в динамическом режиме с использованием нагревательной плитки	Время сушки (сек/5 мл воды), температура 35°C , влажность 40 %	Нагревательная плитка, скорость воздуха 1 м/с	Тонкие материалы (< 5 мм), исключая непроницаемые
ГОСТ Р ИСО 17617-2017	Гравиметрический метод с вертикальной / горизонтальной сушкой	Остаточная влажность (%), скорость сушки ($\text{г/м}^2 \cdot \text{ч}$)	Вертикальное/горизонтальное положение образца, естественное испарение	Ткани для одежды, исключая волокна и нити
ААТСС 200-2013	Измерение времени испарения влаги под воздействием воздушного потока	Время испарения, скорость воздушного потока	Температура: комнатная, скорость воздуха: регулируемая	Камера с воздушным потоком, датчики веса
ААТСС ТМ 201-2014	Гравиметрический метод с имитацией температуры тела (37°C) и воздушным потоком	Время испарения 0,2 мл воды, скорость воздуха 1,5 м/с	Нагревательная пластина, контролируемый воздушный поток	Все типы, включая ткани с высокой паропроницаемостью

Таким образом, разработано множество новых методов оценки способности ткани испарять влагу со своей поверхности, что свидетельствует об актуальности данных исследований. Для данных методов процессы измерений возможно полностью автоматизировать, что повысит точность, надежность, воспроизводимость результатов.

На основании проведенного анализа планируется разработка экспериментальной установки для испытания ткани по методу ААТСС ТМ 201-2014, так как данный метод позволяет испытывать функциональные свойства различного состава и структуры тканей, включая ткани с высокой паропроницаемостью.