

6. Бикбулатова А.А., Андреева Е.Г. Проектирование одежды для лиц с ограниченными возможностями здоровья. // Естественные и технические науки.- 2015, №10. с.361-364.

7. Манукян К.А., Сафина Л.А., Хамматова Э.А. Проектирования одежды людям с ограниченными возможностями в соответствии с эргономическими и эксплуатационными требованиями / Манукян К.А., Сафина Л.А., Хамматова Э.А. // Вестник Технологического университета. 2017. Т. 20. № 6. С. 79-82.

8. Абрамов А.В. Развитие научных основ и разработка методов оценки эксплуатационной эффективности теплозащитной одежды для людей с ограниченными возможностями. Дисс. ... докт. техн. наук. Кострома. КГУ. 2017.

УДК 677.017

**РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ДРАПИРУЕМОСТИ ТКАНЕЙ НА
ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ 3D-СКАНЕРА
DEVELOPMENT OF THE METHOD OF FABRICS DRAPEABILITY
EVALUATION USING 3D SCANNER**

**Тан Сяотун, Рыклин Д.Б.
Tang Xiaotong, Ryklin D.B.**

*Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus
(e-mail: 420013306@qq.com, ryklin-db@mail.ru)*

Аннотация: Рассмотрен порядок разработки методики драпируемости тканей на основе применения 3D-сканера, выбор показателей для оценки драпируемости.

Abstract: The procedure for developing a method for fabrics drapeability based on the use of a 3D scanner, the choice of indicators for drapeability assessing are considered.

Ключевые слова: драпируемость, ткань, 3D-сканирование, методика.

Keywords: drapeability, fabric, 3D scanning, method.

В настоящее время оценка драпируемости тканей является одной из актуальных проблем текстильного материаловедения. Это в значительной степени связано с развитием новых направлений использования информации о драпируемости, например, при разработке средств визуализации швейных изделий в системах автоматизированного проектирования, а также при создании виртуальных (электронных) примерочных. Кроме того, оценка драпируемости тканей является важной задачей в связи с появлением новых видов текстильного сырья и технологий умягчающей отделки тканей.

К недостаткам традиционных методов оценки драпируемости можно отнести использование узкоспециализированного оборудования (дрейпметра), а

также то, что получаемые показатели характеризуют драпируемость объемной пробы на основании информации только о ее тени. Кроме того, в литературе в основном описывается оценка данного свойства только на основе одного критерия – коэффициента драпируемости, в то время как применение множества дополнительных критериев практически не определено.

Наиболее перспективным направлением развития методов оценки драпируемости тканей является разработка новых подходов, основанных на применении технологий 3D-сканирования. Исследования по данному направлению ведутся достаточно широко в разных странах мира [1, 2, 3]. Анализ публикаций по данной теме показал, что разрабатываемые методы с применением 3D-сканирования позволяют получать и анализировать истинные трехмерные изображения драпированной ткани и ее текстуры, а также осуществлять автоматическое измерение и оценку выбранных характеристик драпируемости.

Однако до сих пор не разработаны обоснованные подходы к выбору тканей с наилучшей драпируемостью из нескольких вариантов на основании анализа результатов, полученных при 3D-сканировании образцов.

Целью данной работы является создание методики оценки драпируемости тканей с использованием комплекса показателей, получаемых в результате 3D-сканирования.

При разработке методики проведен ряд экспериментальных исследований чистольняных, полульняных и полиэфирных тканей разной структуры и поверхностной плотности. При проведении исследований использовался 3D-сканер Artec Spider.

Анализ результатов исследований показал, что поверхность драпированной пробы тканей, поверхностная плотность которых составляет от 100 до 500 г/м², а жесткость при изгибе, измеренная в вдоль основы и утка, – от 3000 до 40000 мкН·см², может быть описана следующей формулой в полярных координатах [4]:

$$R_D(\varphi, H) = (a_0 + a_1 \cdot H) + (a_2 + a_3 \cdot H) \cdot \left(\frac{1 + \sin(n \cdot \varphi + \Delta\varphi_1)}{2} \right)^{(a_4 + a_5 \cdot H)} + (a_6 + a_7 \cdot H) \cdot \left(\frac{1 + \sin(2 \cdot \varphi + \Delta\varphi_2)}{2} \right)^4, \quad (1)$$

где R_D – расстояние от оси опорного диска до точки на поверхности драпированной пробы, мм; H – расстояние от точки на поверхности драпированной ткани до опорного диска, мм; φ – угол, отложенный от направления основы по часовой стрелке, рад.; n – количество складок; $\Delta\varphi_1$ и $\Delta\varphi_2$ – начальные фазы периодических составляющих формулы (1), a_0 – a_7 – коэффициенты, которые зависят как от параметров процесса испытания ткани (например, от радиуса образца и радиуса опорного диска), так и от свойств испытываемой ткани (поверхностной плотности, плотности по основе и утку, жесткости нитей основы и утка, переплетения и т.д.).

Для профиля каждого сечения и тени драпированной пробы модель принимает следующий вид:

$$R_D(\varphi) = R_0 + \Delta R_1 \left(\frac{1 + \sin(n \cdot \varphi + \Delta\varphi_1)}{2} \right)^{k_1} + \Delta R_2 \left(\frac{1 + \sin(2 \cdot \varphi + \Delta\varphi_2)}{2} \right)^4, \quad (2)$$

где R_0 – радиус окружности, вписанной в сечение драпированной ткани, мм; ΔR_1 – высота складки без учета анизотропии ткани по свойствам, мм; ΔR_2 – отклонение высоты складки из-за анизотропии свойств ткани, мм; k_1 – показатель степени, характеризующий искажение формы сечения складок по сравнению с синусоидой.

В качестве единичных показателей, которые могут быть использованы для оценки драпируемости тканей, предложено использовать такие традиционные показатели, как коэффициент драпируемости K_D и количество складок n , образованных драпированной пробой, так и новые показатели:

- коэффициент детерминации R^2 регрессионной модели (1), характеризующий соответствие фактической формы поверхности пробы результатам расчетов;
- показатель анизотропии драпируемости, рассчитываемый как соотношение параметров модели (2) для тени, создаваемой пробой

$$A = \frac{\Delta R_2}{R_0} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Кроме того, на основании сопоставления данных, полученных при 3D-сканировании различных образцов тканей, и экспертной оценки изделий из них предложен новый показатель визуального восприятия, рассчитываемый по следующей формуле:

$$V = \frac{100 - K_D}{3 \cdot (A + 2\sigma_A)} \cdot \sqrt{n \cdot R^2}, \quad (4)$$

где σ_A – среднее квадратическое отклонение анизотропии драпируемости, %.

При разработке методики необходимо решить вопрос количестве испытаний в связи с тем, что показатели драпируемости характеризуются значительной вариативностью.

Для решения данной задачи проведены испытания 10 различных образцов тканей, в ходе которых 3D-сканированию подвергались 3 пробы из каждого образца. Каждая проба сканировалась по 6 раз. После каждого сканирования пробы однократно встряхивались в вертикальном направлении для изменения формы образуемых складок.

В результате обработки полученных данных установлено, что усредненные значения коэффициента драпируемости K_D , полученные в результате единичных испытаний каждой пробы, несущественно отличаются от результатов обработки данных, полученных при 6 испытаниях каждой пробы. Незначительность изменений данного показателя с увеличением количества испытаний определяется низким значением коэффициентов вариации, которые для исследованных образцов не превышают 5 %.

Коэффициент детерминации R^2 регрессионной модели, описывающей поверхность пробы, ситуация характеризуется значительно большей вариативно-

стью, о чем свидетельствует диапазон коэффициентов вариации от 11,93 % до 31,10 %. Среднее значение коэффициента детерминации изменялось существенно с увеличением количества испытаний от 1 до 6. Для одного из образцов оно снизилось на 24,5 %, а для другого – повысилось почти на 20 %. Следовательно, для достоверной оценки данного показателя единичных испытаний каждой пробы недостаточно. При этом разница усредненных значений для 5 и 6 испытаний была незначительна, что позволяет сделать вывод о том, что 6 испытаний достаточно для получения достоверных данных о значении данного показателя. Аналогичный результат получен и для показателя анизотропии *A*.

Также решался вопрос об оценке различий усредненных значений показателей драпируемости, полученных по результатам серии испытаний. С учетом небольшого объема выборки и несоответствия распределения нормальному закону для оценки различий между независимыми выборками принято решение об использовании непараметрического критерия Манна-Уитни.

Разработанная методика включает описание процедур подготовки и 3D-сканирования проб, обработки данных с использованием специально разработанной компьютерной программы [5], а также последовательность действий по выбору ткани с наилучшей драпируемостью из исследуемых образцов. Данная последовательность представляет собой алгоритм, предполагающий выбор образца на основе последовательного сопоставления значений единичных показателей и комплексного показателя визуального восприятия драпировки различных образцов тканей.

Апробация разработанной методики показала, что ее применение позволяет делать обоснованный выбор материалов для изготовления швейных изделий, для которых драпируемость является одним из наиболее значимых свойств используемых тканей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Glombikova, V., Kus, Z. Drape evaluation by the 3d drape scanner // *Tekstilvekonfeksiyon*. – 2014. – 24(3). – pp. 279-285.
2. Tannie, M., Guowen, S. An investigation of the assessment of fabric drape using three-dimensional body scanning // *The Journal of The Textile Institute*. – 2010. – №101:4, – pp. 324 – 335.
3. Шен, В., Рен, Ц. Испытания драпируемости ткани на основе датчика Kinect // *Журнал Чжэцзянского университета науки и технологии* – 2014. – №3. – С. 306-309. (沈.伟,任.静. 2014 基于 Kinect 传感器的织物悬垂性测试,中国,浙江理工大学学报, №3, 306-309页).
4. Тан, С. Математическое описание поверхности драпированной ткани / С. Тан // *Национальная молодежная научно-техническая конференция «Молодые ученые – развитию национальной технологической инициативы (ПОИСК-2020)»*. – Иваново: Текстильный институт ИВГПУ, 2020. – Ч. 1. – С.672 – 675.
5. Рыклин, Д.Б. Разработка программы для расчета показателей драпируемости тканей на основе данных 3D-сканирования / Д.Б. Рыклин, Сяотун Тан, К.А. Крушевич // *Вестник Витебского государственного технологического университета*. – 2020. – № 1(38). – С. 113 – 124.