

Научная статья

УДК 687.016

EDN ZBPROX

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-11-15>

Алексей Владимирович Круглов¹

Евгений Сергеевич Телегин²

Павел Алексеевич Круглов³

Алексей Юрьевич Матрохин⁴

Наталья Александровна Грузинцева⁵

^{1,2,3,4,5}Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия

¹kruglov_av_igta@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9304-981X>

²telegin.es@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7713-7190>

³Pavel.kruglov.00@inbox.ru, <https://orcid.org/0009-0006-0718-6583>

⁴matrokhin.ivgpu@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2373-3904>

⁵gna76@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4312-6901>

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ОПРЕДЕЛЕНИЮ КОЭФФИЦИЕНТА ДРАПИРУЕМОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПОЛОТЕН

Аннотация. В современной текстильной промышленности существует потребность в объективных методах оценки драпируемости тканей, критически важной для проектирования изделий с заданными свойствами. В статье рассматривается проблема ограниченности существующих методов, которые фокусируются преимущественно на статических измерениях. Целью работы является разработка автоматизированного подхода для комплексного анализа статических и динамических параметров драпируемости. Предложен авторский аппаратно-программный комплекс *Drapetester*, использующий компьютерное зрение для измерения коэффициента драпируемости, геометрии складок, амплитуды и прозрачности. Подробно описана архитектура комплекса и алгоритм обработки изображений. Экспериментально подтверждена работоспособность системы на тканях различной структуры. В качестве дальнейшего развития предлагается использование модели машинного обучения *CatBoost* для прогнозирования динамического поведения ткани, что позволит сократить время тестирования.

Ключевые слова: драпируемость ткани, коэффициент драпируемости, компьютерное зрение, аппаратно-программный комплекс, обработка изображений, динамические и статические параметры, текстильные полотна

Для цитирования: Автоматизированный подход к определению коэффициента драпируемости текстильных полотен / А. В. Круглов, Е. С. Телегин, П. А. Круглов, А. Ю. Матрохин, Н. А. Грузинцева // Технологии и качество. 2025. № 4(70). С. 11–15. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-11-15>.

Original article

Alexey V. Kruglov¹

Evgeny S. Telegin²

Pavel A. Kruglov³

Aleksey Yu. Matrohin⁴

Natalia A. Gruzintseva⁵

^{1,2,3,4,5}Ivanovo State Polytechnic University, Ivanovo, Russia

AN AUTOMATED APPROACH TO DETERMINING THE COEFFICIENT OF DRAPERY OF TEXTILE FABRICS

Abstract. The modern textile industry requires objective methods for evaluating fabric drape, which is crucial for designing products with specific properties. This article addresses the limitation of existing methods, which primarily focus on static measurements. The study aims to develop an automated approach for the comprehensive analysis of both static and dynamic drape parameters. An original hardware-software complex, *Drapetester*, is proposed, utilising computer vision to measure the drape coefficient, fold geometry,

amplitude, and transparency. The system's architecture and image processing algorithm are detailed. The system's functionality is experimentally confirmed on fabrics of different structures. As a further development, the use of a CatBoost machine learning model to predict the dynamic behaviour of fabric is proposed, which might significantly reduce testing time.

Keywords: drapability of fabric, drapability coefficient, computer vision, hardware and software complex, image processing, dynamic and static parameters, textile fabrics

For citation: Kruglov A. V., Telegin E. S., Kruglov P. A., Matrohin A. Yu., Gruzinseva N. A. An automated approach to determining the coefficient of drapery of textile fabrics. *Technologies & Quality*. 2025. No 4(70). P. 11–15. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-4-70-11-15>.

Использование компьютерных технологий при определении различных показателей текстильных полотен является инновационным подходом при проектировании ткани с заданными свойствами и характеристиками.

Одним из таких свойств является драпируемость, которая определяет эстетические и функциональные свойства ткани, влияя на то, как материал ведет себя при создании готового изделия.

Следует отметить, что в настоящее время используется очень много методов по оценке драпируемости тканей различного состава и структуры [1]. Согласно стандарту [2] основным инструментом определения драпируемости является коэффициент драпируемости, который определяется двумя методами: а) бумажного кольца и б) с помощью технологии обработки изображений.

Целью настоящего исследования является определение коэффициента драпируемости с использованием компьютерного метода технологии обработки изображений. Первоначально был проведен анализ существующих зарубежных компьютерных методов, которые позволяют определять драпируемость тканых полотен с использованием технологии 3D-моделирования [3–5]. Существующие приборы, как правило, ограничены измерением статических параметров, в то время как поведение ткани в динамике (при ходьбе, движении) не менее важно. В данной статье представлен комплексный автоматизированный подход к решению этой проблемы путем разработки аппаратно-программного комплекса Drapetester, предназначенного для объективного и точного измерения как статических, так и динамических параметров драпируемости с использованием технологий компьютерного зрения и машинного обучения.

Необходимость объективной количественной оценки драпируемости тканей обусловлена требованиями современной текстильной и швейной промышленности к стандартизации и контролю качества [6]. Разработка автоматизированной системы, способной комплексно

анализировать широкий спектр параметров (статический и динамический коэффициенты драпировки, амплитуду, геометрию складок, прозрачность) и прогнозировать поведение ткани, является актуальной задачей [7]. Использование компьютерного зрения и машинного обучения позволяет не только устранить субъективность, но и выявить сложные, неочевидные зависимости между параметрами ткани и ее драпируемостью.

Для решения поставленной задачи на базе кафедры МТСМ Ивановского государственного политехнического университета разработан аппаратно-программный комплекс Drapetester, который состоит из трех взаимосвязанных модулей: аппаратного, программного для управления и расчетного (рис. 1).

Аппаратная часть представляет собой электромеханическое устройство, ядром которого составляет платформа управления на микроконтроллере. Устройство оснащено: приводным двигателем, который создает механическое воздействие на образец; системой подсветки и датчиком освещенности для измерения оптических свойств (прозрачности/свето-пропускания); датчиками температуры и влажности, которые контролируют условия испытаний, что критически важно для воспроизводимости результатов текстильных тестов, и интерфейсом UART-USB, обеспечивающим сбор данных и управление [8].

Программная часть позволяет осуществлять управление комплексом (задание параметров, запуск и остановка); получать данные с датчиков и камеры; визуализировать и архивировать полученные результаты исследования в виде графиков и таблиц [9].

Расчетный модуль полностью автоматизирован от обработки изображения до определения расчета параметров, проводит сегментацию, преобразование координат и поиск экстремумов. В процессе расчета коэффициента драпируемости определяются: коэффициент драпировки; амплитуда; отношение драпированного расстояния; коэффициент окружности

площади профиля драпировки; индекс глубины складки; количество узлов, их ширина, высота и длина; расстояние между узлами, а также коэффициент прозрачности [10].

На рисунке 2 представлены визуализированные результаты процесса определения коэффициента драпируемости образца текстильного полотна.

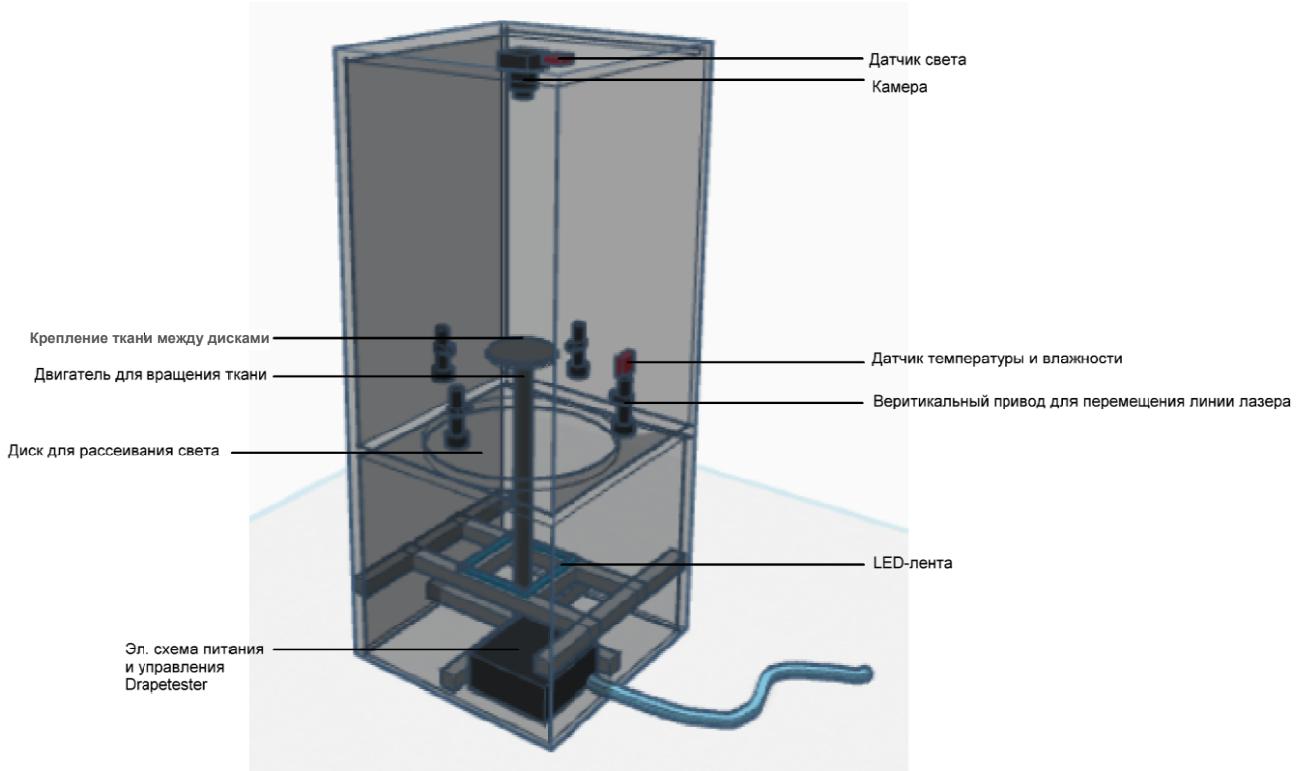


Рис. 1. 3D-модель аппаратурно-программного комплекса Drapetester

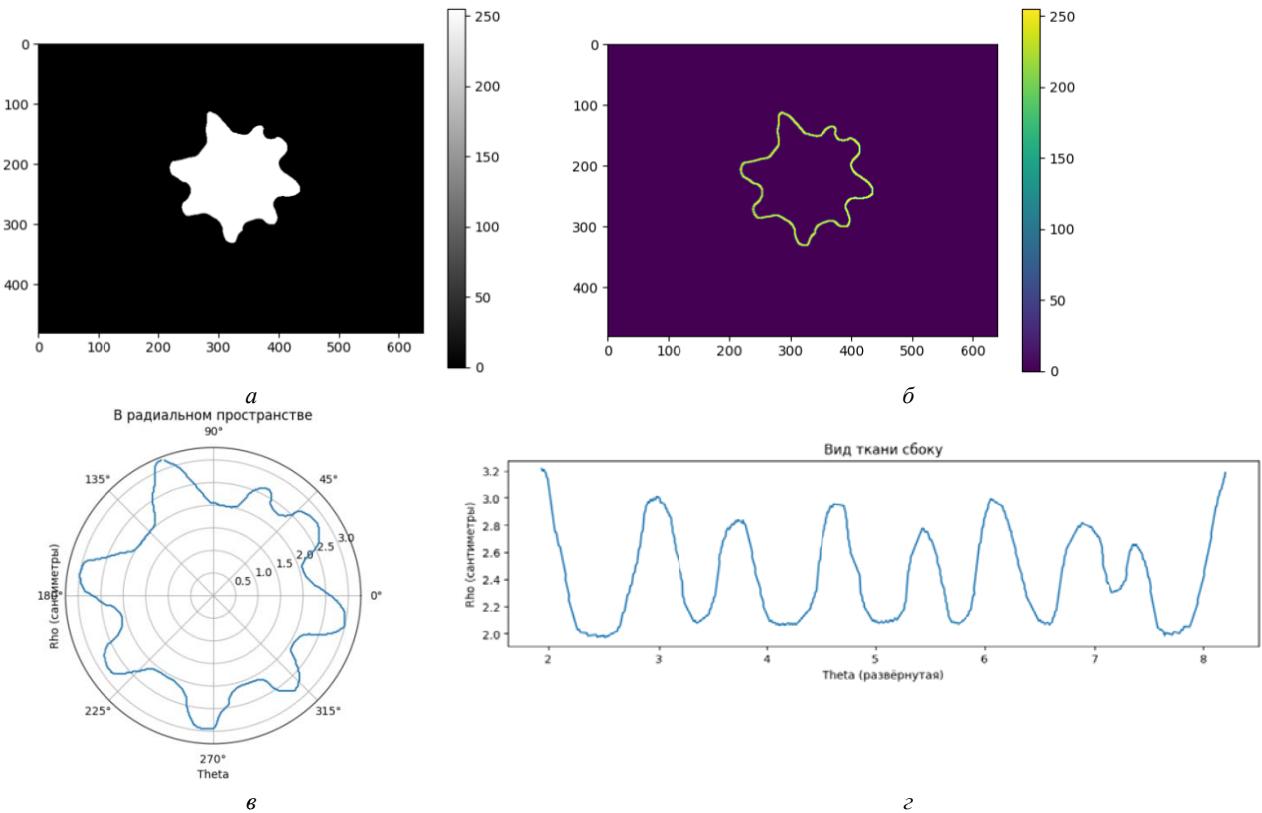


Рис. 2. Визуализация результатов процесса определения коэффициента драпируемости текстильного полотна:
а – сегментация; б – обработка контура; в – радиальное представление; г – декартово представление

В ходе проведенных исследований подтверждено, что аппаратно-программный комплекс Drapetester успешно справляется с обработкой как плотных, так и полупрозрачных тканей. Основным результатом является определение драпируемости в статическом и динамическом режимах измерения, где свойства исследуемого полотна оцениваются в процессе вращения. Перспективным направлением, находящимся в стадии усовершенствования Drapetester, является использование машинного обучения (CatBoost) для прогнозирования динамического коэффициента драпировки на основе статических параметров, что может значительно сократить время тестирования образца.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Иванова О. В., Смирнова Н. А. Анализ методов определения драпируемости текстильных полотен // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2007. № 5. С. 3–5.
2. ГОСТ Р 57470–2017. Материалы текстильные. Методы испытаний нетканых материалов. Определение драпируемости, включая коэффициент драпируемости. М. : Стандартинформ, 2017. 12 с.
3. Разработка математической модели драпированной ткани с использованием данных, получаемых в процессе 3D-сканирования / Д. Б. Рыклин, С. Тан, А. Н. Гришаев, Д. В. Песковский // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2018. № 1. С. 70–78.
4. Fabric drape examination using ring-controlled equipment / B. Al-Gaadi, J. Gersak, F. Göktepe, M. Halász, P. Tamás, Ö. Göktepe // 4th International Technical Textiles Congress, 16–18 May 2010 İstanbul-Turkey. URL: https://www.researchgate.net/publication/270068309_Fabric_and_Garment_Drape_Measurement_-_Part_1 (дата обращения: 07.07.2025).
5. A Simple Method for Measuring Fabric Drape Using Digital ImageProcessing / A. Ragab, A. Fouad, H. El-Deeb, A. Hemdan // Journal of Textile Science & Engineering. 2017. No 5. URL: <https://www.hilarispublisher.com/open-access/a-simple-method-for-measuring-fabric-drape-using-digital-imageprocessing-2165-8064-1000320.pdf> (дата обращения: 07.07.2025).
6. Замышляева В. В., Акиндина Т. Л. Экспериментальные исследования характеристик изгиба для конфигурирования современных бортовых тканей // Технологии и качество. 2021. № 2(52). С. 33–37.
7. Использование принципов автоматизированного распознавания оптических изображений для оценки стабильности структуры трикотажных полотен / Е. М. Копарёва, М. В. Зимина, С. Н. Титов, Л. Л. Чагина // Технологии и качество. 2021. № 1(51). С. 4–8.
8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025614705; дата регистрации: 25.02.2025 / Лысова М. А., Круглов П. А., Круглов А. В., Телегин Е. С., Краев О. В., Грудинцева Н. А.; правообладатель: Ивановский государственный химико-технологический университет. 1 с.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025615423; дата регистрации: 04.03.2025 / Лысова М. А., Круглов П. А., Круглов А. В., Телегин Е. С., Краев О. В., Грудинцева Н. А.; правообладатель: Ивановский государственный химико-технологический университет. 1 с.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025615448; дата регистрации: 05.03.2025 / Лысова М. А., Круглов П. А., Круглов А. В., Телегин Е. С., Краев О. В., Матрохин А. Ю., Грудинцева Н. А.; правообладатель: Ивановский государственный химико-технологический университет. 1 с.

REFERENCES

1. Ivanova O. V., Smirnova N. A. Analysis of drapability determination methods of textile fabrics. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2007;5:3–5. (In Russ.)

ВЫВОДЫ

1. Предложенный автоматизированный подход на основе компьютерного зрения определения коэффициента драпируемости позволяет полностью исключить субъективность оценки и получать высокоточные количественные данные по широкому спектру параметров (коэффициент драпировки; амплитуда; отношение драпированного расстояния; коэффициент округлости площади профиля драпировки и т. д.).

2. Использование модульной архитектуры и современных программных библиотек обеспечивает гибкость, масштабируемость и возможность дальнейшей модернизации системы Drapetester, в том числе за счет внедрения моделей машинного обучения и 3D-реконструкции.

2. GOST R-57470–2017. Materialy tekstilnye. Metody ispytanij netkanyh materialov. Opredelenie drapiruemosti, vkljuuchaya koehfficient drapiruemosti [State Standard R 57470–2017. Textile materials. Test methods for nonwovens. Definition of drapability, including drapability coefficient]. (In Russ.). Moscow, Standartinform Publ., 2017. 12 p. (In Russ.)
3. Ryklin D. B., Tang X., Grishaev A. N., Peskovsky D. V. Development of mathematical model of draped fabric with use of 3-D scanning data. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Vitebsk State Technological University]. 2018;1:70–78. (In Russ.)
4. Al-Gaadi B., Gersak J., Göktepe F., Halász M., Tamás P., Göktepe Ö. Fabric drape examination using ring-controlled equipment. 4th International Technical Textiles Congress, 16–18 May 2010 İstanbul-Turkey. URL: https://www.researchgate.net/publication/270068309_Fabric_and_Garment_Drape_Measurement_-_Part_1 (accessed 07.07.2025).
5. Ragab A., Fouda A., El-Deeb H., Hemdan A. A Simple Method for Measuring Fabric Drape Using Digital Image Processing. *Journal of Textile Science & Engineering*. 2017;5. URL: <https://www.hilarispublisher.com/open-access/a-simple-method-for-measuring-fabric-drape-using-digital-imageprocessing-2165-8064-1000320.pdf> (accessed 07.07.2025).
6. Zamyslyayeva V. V., Akindinova T. L. Experimental studies of bending characteristics for confection of modern side fabrics. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies and quality]. 2021;2(52):33–37. (In Russ.)
7. Kopareva E. M., Zimina M. V., Titov S. N., Chagina L. L. Using the principles of automated optical image recognition to assess the structural stability of knitted fabrics. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies and quality]. 2021;1(51):4–8. (In Russ.)
8. Lysova M. A., Kruglov P. A., Kruglov A. V., Telegin E. S., Kraev O. V., Gruzintseva N. A. The Certificate on official registration of the computer program. No 2025614705. 2025 (In Russ.).
9. Lysova M. A., Kruglov P. A., Kruglov A. V., Telegin E. S., Kraev O. V., Gruzintseva N. A. The Certificate on official registration of the computer program. No 2025615423. 2025. (In Russ.).
10. Lysova M. A., Kruglov P. A., Kruglov A. V., Telegin E. S., Kraev O. V., Matrokhin A. Yu., Gruzintseva N. A. The Certificate on official registration of the computer program. No 2025615448. 2025. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 24.08.2025

Принята к публикации 07.11.2025

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

- А. В. Круглов, кандидат технических наук, доцент
 Е. С. Телегин, аспирант
 П. А. Круглов, студент
 А. Ю. Матрохин, доктор технических наук, профессор
 Н. А. Грузинцева, доктор технических наук, доцент