

**Куракин В.С., Рукавичкин Д.А., Науменко А.М.**  
Витебский государственный технологический университет,  
Витебск, Беларусь

## **РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОЙ УСТАНОВКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВНЕШНИХ ДЕФЕКТОВ НАТУРАЛЬНЫХ КОЖ**

**Аннотация.** Объектом разработки является автоматизированная система управления мехатронной установкой для поиска дефектов натуральных кож. Детально рассмотрена конструкция разработанного стенда. Приведён состав оборудования, входящего в систему. В качестве системы автоматизации применяется электронная схема и программное обеспечение, реализованное в среде ISAGRAF. Для анализа изображений используется алгоритмы обработки на Python с использованием библиотек OpenCV. Модель установки выполнена с помощью CAD-программы Компас 3D. Область возможного практического применения установки — кожевенные производства, предприятия по изготовлению обуви и аксессуаров.

**Kurakin V.S., Rukavichkin D.A., Navumenka A.M.**  
Vitebsk State Technological University,  
Vitebsk, Belarus

## **DEVELOPMENT OF A LABORATORY DETECTION SYSTEM OF EXTERNAL LEATHER DEFECT**

**Abstract.** The object of the development is an automated control system for a mechatronic installation for searching for natural leather defects. The design of the developed stand is considered in detail. The composition of the equipment included in the system is given. The automation system uses an electronic circuit and software implemented in the ISAGRAF environment. Image analysis uses Python processing algorithms using OpenCV libraries. The installation model is made using the Compass 3D CAD program. The area of possible practical application of the installation is tanneries, shoe and accessory manufacturing enterprises.

**Введение.** Современное кожевенное производство и контроль качества материалов требуют высокой точности измерений, особенно при оценке физических свойств, влияющих на долговечность, эластичность и внешний вид изделий. Одним из критически важных параметров, определяющих пригодность кожи для обувного производства, является её отдушистость — явление, связанное с отставанием сосочкового слоя кожи от сетчатого при деформации [1].

Отдушистость кожи — это специфическое свойство, проявляющееся в виде образования морщин при изгибе материала

внутрь. С научной точки зрения, данный эффект связан с неоднородной структурой кожи, различной эластичностью её слоёв и особенностями связующего межслойного вещества.

Целью работы является создание автоматизированного диагностического комплекса, обеспечивающего точное позиционирование камеры, выполнение контролируемого изгиба образцов кожи и последующий визуальный анализ изображения с помощью алгоритмов обработки в Python/OpenCV.

Проект обеспечивает возможность перемещения камеры по двум осям с высокой точностью, выполнение анализа визуальных признаков отдушистости в контролируемых условиях и ведение протоколирования результатов. Разработанная система позволяет моделировать реальную эксплуатационную нагрузку на образцы кожи, автоматизировать процесс измерения и повысить надёжность диагностики материала. Практическая реализация проекта способствует углублению знаний в области ПЛК-управления, интерфейсной логики, визуального анализа и взаимодействия с промышленной периферией.

**Основная часть.** Автоматизация процесса анализа отдушистости кожи представляет собой актуальное направление в области мехатроники и интеллектуальных систем контроля качества. Использование программно-управляемых механизмов, таких как двухосевые линейные модули, позволяет не только точно управлять процессом деформации кожи, но и интегрировать визуальные методы анализа с применением цифровых камер и алгоритмов обработки изображений.

Структура проектируемой системы управления показан на рисунке 1. По структурной схеме можно судить о количестве и характере контуров управления (замкнутых или разомкнутых). Структура системы состоит из:

ДР1, ДР2 – драйверы двигателей – это особые модули, которые обеспечивают управление устройствами, способствуют их эффективной работе и отслеживают работоспособность.

Д1, Д2 – двигатель — устройство, преобразующее какой-либо вид энергии в механическую работу.

К – камера, нужна для обнаружения дефектов.

КВ1, КВ2, КВ3, КВ4 – концевой выключатель – это механический датчик, применяемое в системах управления, как устройство сигнализирует при возникновении опасных ситуаций.

УУ – управляющее устройство - устройство, которое следит за состоянием объекта управления как системы и вырабатывает для неё

управляющие сигналы.

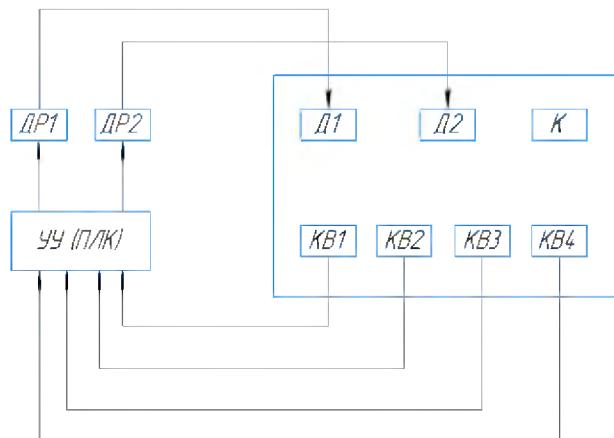


Рисунок 1 – Структура схема системы

Разработана 3D модель установки в программе Компас 3D. Компоненты установки: рулон сырья для поиска дефектов помещается на платформу, которая в свою очередь размещена на станине. Под левой рамой, закреплённой на боковых креплениях, находятся два шаговых двигателя, приводящих в работу ременные передачи, с помощью которых центральная рама может совершать поступательное движение вперёд-назад. Ременная передача, скрытая под центральной рамой, позволяет двигаться камере для обнаружения дефектов влево-вправо. Общий вид установки представлен на рисунке 2.

Шаговый двигатель М1 приводит в движение ременную передачу 1, через которую движение переходит на ременную передачу 2, позволяющая передвигаться центральной камере по оси Х. Шаговый двигатель М2 приводит в движение ременную передачу 3, которая с помощью квадратного вала передаёт движение на центральную ременную передачу 4, позволяющую передвигаться камере вдоль оси Y.

В качестве управляющего устройства выбираем программируемый контроллер Simbol-100. Контроллер предназначен для автоматизированного управления технологическими процессами различного вида и сложности, как автономно, так и в составе многоуровневых автоматизированных систем управления промышленных, энергетических предприятий и в других отраслях.

В качестве исполнительных механизмов выбираем шаговый двигатель ДШ-200-0,5. В проекте используется драйвер StepDrive-R4-Opto, подключённый к модулю дискретных выходов S-100-DO16. Каждый канал модуля генерирует логические сигналы (импульсы) для управления отдельным направлением и шагом двигателя. Таким

образом, ПЛК Simbol-100 управляет положением исполнительных механизмов путём отправки дискретных команд на модули вывода.

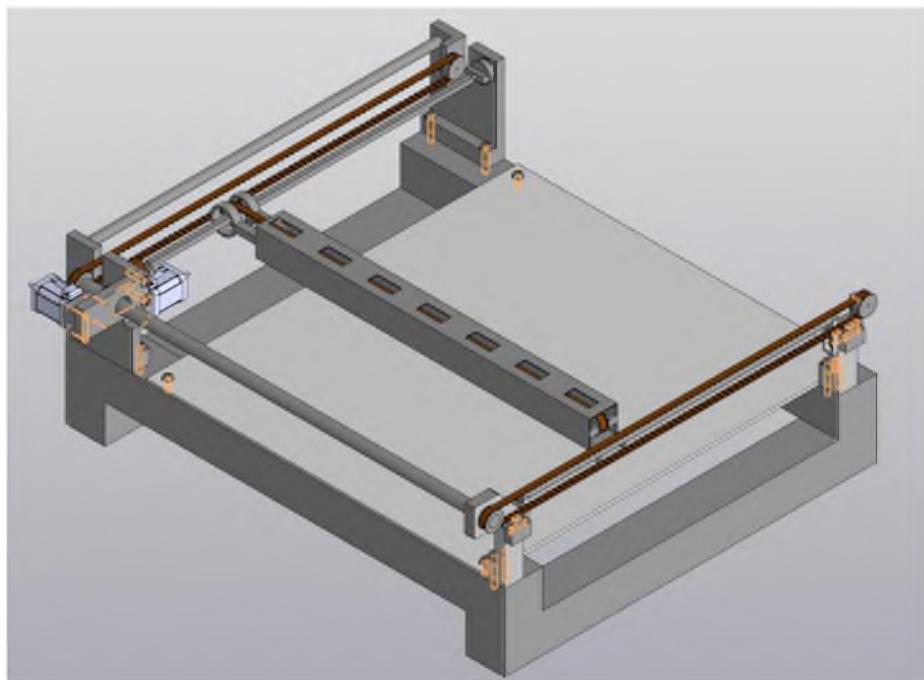


Рисунок 2 – 3D модель установки установка без боковых рам

Такая архитектура управления позволяет реализовать надёжное позиционирование без необходимости в датчиках положения, что упрощает конструкцию и снижает стоимость реализации. При этом точность позиционирования зависит от механической части, отсутствия пропусков шагов и стабильности питания.

Выбираем веб-камеру для обнаружения дефектов натуральных кож. Веб-камера Logitech HD Webcam C270 подойдёт для разрабатываемой установки.

Разработана электрическая схема подключений (рисунок 3).

Программное обеспечение разработано в среде ISAGRAF для модуля контроллера S-100-CPU от компании «ООО «НПЦ Европрибор». Управляющие сигналы формируются электронными блоками счетчиков и таймеров, подаются на выходы модуля S-100-DO16, который через соответствующий драйвер формирует импульсное воздействие на первый двигатель. Двигатель начинает совершать шаги согласно запрограммированному количеству, тем самым приводя систему в новое механическое положение.

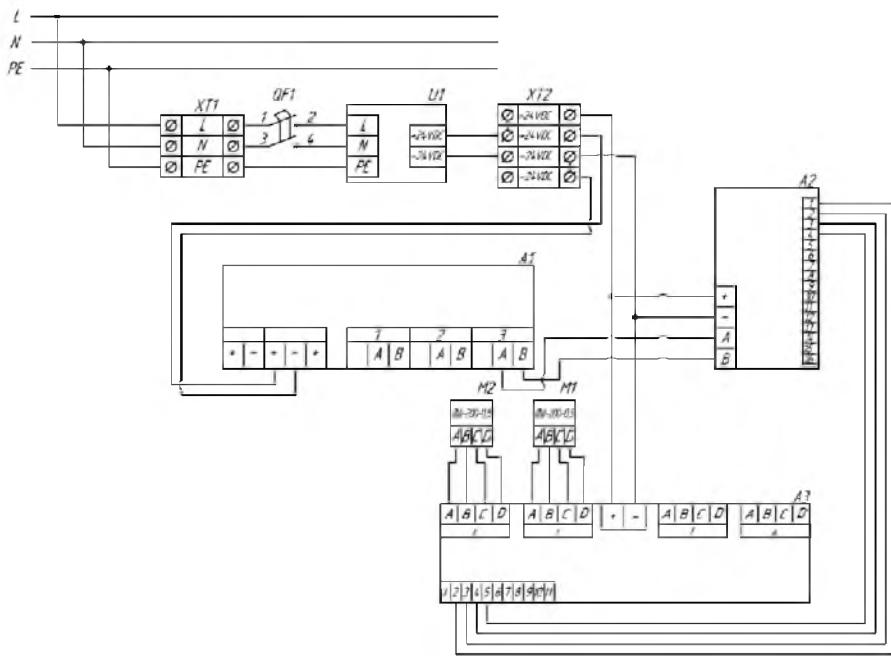


Рисунок 3 – Электрическая схема подключений системы

Компоненты на схеме: A1 – Программируемый логический контроллер S-100-CPU; A2 – Модуль вывода контроллера S-100-DO16; A3 – Драйвер; U1 – Блок питания; QF1 – Автоматический выключатель; XT1 – Клеммная колодка ввода питания 230В; XT2 – Клеммная колодка питания 24В; M1 – Шаговый двигатель ДШ-200-0,5; M2 – Шаговый двигатель ДШ-200-0,5.

Разработаны алгоритмы визуального контроля, реализованных на языке Python. Рассмотрены принципы построения системы автоматической обработки изображений, включая этапы захвата изображений с камеры, преобразование изображения в градации серого, применение алгоритма выделения контуров (детектор Canny), морфологические операции и визуализация результата. Также проанализирована архитектура программного обеспечения: модули управления камерой, логирования, обработки изображений и пользовательского интерфейса через командную строку. Такой модульный подход обеспечивает гибкость масштабирования системы и возможность интеграции в более сложные производственные комплексы.

**Выводы.** Разработана и реализована экспериментальная установка (стенд) для диагностики отдушистости кожи обуви на базе программно-аппаратного комплекса, построенного с использованием оборудования компании ООО «НПЦ «Европрибор». Детально рассмотрена конструкция разработанного стенда. Приведён состав оборудования, входящего в систему, с техническими характеристиками и функциональным назначением каждого компонента.

Разработанное программное обеспечение для диагностического стенда не только обеспечивает высокую степень автоматизации процесса анализа отдушистости кожи, но и позволяет оператору в реальном времени отслеживать состояние материала, проводить визуальное сравнение результатов до и после воздействия, а также сохранять данные для последующего анализа. Комплекс обладает высокой надёжностью, адаптивностью и может быть доработан под конкретные требования производства.

### **Список использованных источников**

1. МАЯК – информационный ресурс о кожевенном производстве. Пороки натуральной кожи (единая статья) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mayakleather.ru/stati/poroki-naturalnoj-kozhi-edinaya-statya/> – Дата доступа: 18.09.2025.
2. Махоткина, Л. Ю. Конструирование изделий легкой промышленности: конструирование изделий из кожи : учебник / Л.Ю. Махоткина, Л.Л. Никитина, О.Е. Гаврилова. — Москва : ИНФРА-М, 2026. — 295 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-16-013956-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2215299> (дата обращения: 04.11.2025).
3. Данилкович, А. Г. Аналитический контроль в производстве кожи и меха: лабораторный практикум : учебное пособие / А. Г. Данилкович, В. И. Чурсин. — Москва : ИНФРА-М, 2020. — 176 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-011741-6. - Текст: электронный.- URL: <https://znanium.com/catalog/product/1085367> (дата обращения: 04.11.2025).

УДК 504.064

**А.Д. Миронова, Е.Н. Миронова**  
Тамбовский государственный технический университет  
г. Тамбов, Российская Федерация

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА**

**Аннотация.** Совершенствование системы управления охраной труда в современных условиях требует системного подхода, учитывающего обновления