

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ
Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра динамического моделирования и биомедицинской инженерии

**«Разработка программного обеспечения для установки сортировки
лекарственных препаратов»**

наименование темы выпускной квалификационной работы

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента 4 курса 4081 группы

направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии»

профиль подготовки «Методы и устройства обработки биосигналов»

институт физики

Ёлхин Данила Дмитриевич

фамилия, имя, отчество

Научный руководитель:

Доцент кафедры
динамического
моделирования и
биомедицинской инженерии,
к.ф.-м.н.


18.06.2026
подпись, дата

Ю.М. Ишбулатов

Зав. кафедрой
динамического
моделирования и
биомедицинской инженерии,
д.ф.-м.н., профессор


18.06.2026
подпись, дата

А.С. Караваяев

Саратов 2026

Введение. Современная фармацевтическая промышленность характеризуется высочайшими требованиями к точности, безопасности и эффективности производственных процессов. Одной из ключевых и наиболее ответственных стадий производства является фасовка готовых лекарственных форм (таблеток, капсул, ампул, блистеров) в потребительскую упаковку.

Актуальность дипломной работы обусловлена объективной необходимостью внедрения полностью автоматизированных, надежных и высокоточных систем контроля качества на фармацевтических предприятиях.

Целью работы стала разработка программного обеспечения для установки сортировки лекарственных препаратов, со следующими задачами:

1. Провести анализ предметной области.
2. Разработать алгоритмы обработки изображений.
3. Выбрать и обосновать цветовую модель для надежной классификации препаратов.
4. Спроектировать аппаратную часть прототипа системы.
5. Реализовать программное обеспечение для управления исполнительными механизмами (сортировочными створками).
6. Провести экспериментальное тестирование системы на моделях лекарственных средств.

В данной работе представлено 2 основных раздела, разделенных на подразделы:

Первый раздел включает в себя теоретические аспекты для решения задачи, в которых описано что представляют из себя конвейерные системы в медицине, как применяется компьютерное зрение в медицинской фасовке по цветовому признаку и какие этапы и алгоритмы при этом используются, какие модули и библиотеки Python и Arduino для компьютерного зрения используются, а также их функции в системах, какие технические требования и механизмы используются в конвейерных установках.

Второй раздел показывает практическую реализацию конвейерной системы и включает в себя проектирование и разработка архитектуры и

модулей ПО с обработкой ошибочных ситуаций, а также реализацию прототипа установки, её достоинства и недостатки.

Основная часть работы. В работе рассмотрены конвейерные системы в фармацевтике, где ключевыми требованиями являются асептичность, точность дозирования и возможность автоматизации контроля качества. Показано, что визуальный контроль человека не обеспечивает повторяемости из-за утомляемости и субъективности цветовосприятия.

Обоснован выбор цветового пространства HSV как наиболее устойчивого к изменениям освещения. Определены основные этапы фасовки, где необходима проверка по цвету: входной контроль сырья, фасовка в блистеры и во флаконы.

В качестве исполнительной платформы выбран микроконтроллер Arduino (модель Uno), а для компьютерного зрения — библиотека OpenCV в связке с Python.

Для проектирования программного обеспечения системы были выявлены следующие необходимые и технические требования для установки:

Необходимые (исходные) требования:

1. Автоматически сортировать лекарственные препараты по цвету на конвейерной линии.
2. Каждый цвет соответствует своему выходному каналу (0, 1, 2, 3).
3. Система должна работать в реальном времени с минимальным участием оператора.

Технические требования:

1. Обнаружение 4 цветов с высокой точностью.
2. Управление конвейером через Arduino.
3. Визуальный интерфейс для контроля оператора.
4. Устойчивость к шумам и временная стабилизация решения.

В следствии данных требований, была выбрана конвейерно-событийная архитектура и реализована принципиальная блок-схема осуществления

работы установки, представленная на рисунке 1. А также спроектированы и реализованы обработчики, для ошибочных ситуаций, представленных в таблице 1.

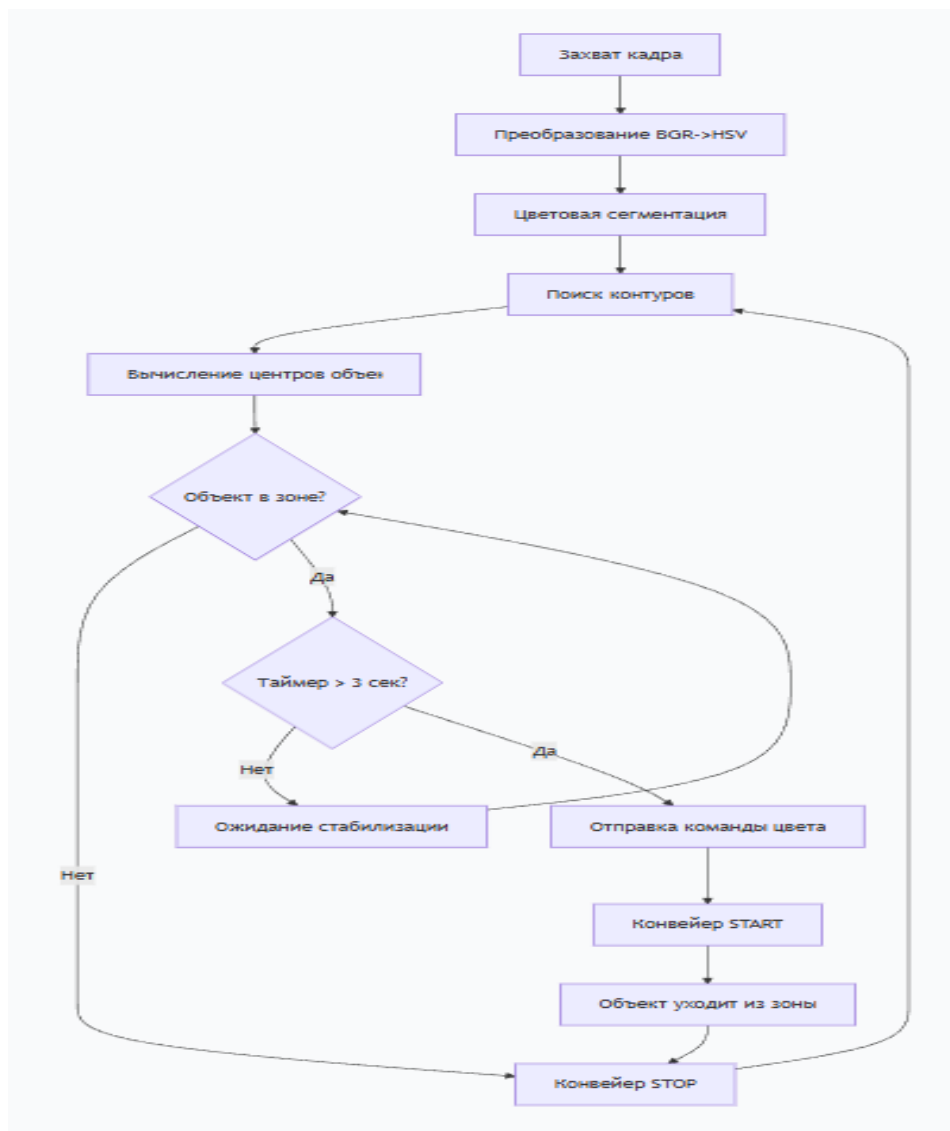


Рисунок 1 – Блок-схема работы установки

По данной схеме было разработано программное обеспечение на языке программирования Python состоящее из 6 модулей:

Модуль 1: Захват и обработка видеоизображений. Назначение: получение видеопотока с веб-камеры и предварительная обработка кадров.

Основной функционал - Инициализация объекта видеозахвата, установка параметров камеры, чтение кадров в цикле, зеркальное отражение изображения для удобства оператора, освобождение камеры при завершении работы.

Таблица 1 – Обработка ситуаций с ошибками

Ситуация	Проектное решение
Arduino не найден	Предупреждение, работа без управления конвейером
Потеря соединения с Arduino	Остановка конвейера, попытка переподключения
Два объекта в зоне	Немедленная остановка + сообщение в консоль
Объект ушёл из зоны до таймера	Сброс таймера, забыть цвет
Неизвестный цвет (вне диапазонов)	Игнорировать, команду не отправлять
Кадр не получен	Завершение программы с ошибкой
Handshake не прошёл	Закрывать порт, попробовать следующий

Модуль 2: Детекция и распознавание цветов. Назначение: анализ изображения, выделение объектов заданных цветов и определение их координат.

Основной функционал - Конвертация кадра из BGR в HSV, создание бинарных масок для каждого целевого цвета по заданным диапазонам, применение морфологического открытия и закрытия для удаления шумов, поиск контуров на маске, вычисление площади контура и отсеечение мелких объектов, определение центра масс объекта через моменты контура, сохранение информации о цвете и координатах объекта.

Модуль 3: Связь с Arduino по последовательному порту. Назначение: автоматическое обнаружение, подключение и обмен данными с Arduino-контроллером конвейера.

Основной функционал - Сканирование всех доступных последовательных портов, фильтрация портов, по ключевым словам, попытка подключения с заданными параметрами, выполнение handshake, отправка команд конвейеру пуск, стоп и команды сортировки, чтение подтверждений от Arduino, корректное закрытие порта при завершении.

Модуль 4: Логика управления конвейером. Назначение: реализация алгоритма стабилизации обнаружения и выработки управляющих команд.

Основной функционал - Хранение состояния конвейера, хранение координат зоны обнаружения, проверка попадания координат объекта в зону обнаружения, подсчет количества объектов в зоне, реализация таймера стабилизации, отправка команды сортировки в зависимости от обнаруженного цвета, автоматический запуск конвейера после отправки команды, остановка конвейера при исчезновении объекта или возникновении ошибки, сброс таймера и состояния при выходе объекта из зоны.

Модуль 5: Графический пользовательский интерфейс. Назначение: визуализация результатов работы программы и отображение служебной информации.

Основной функционал - Отрисовка зоны обнаружения в виде цветного прямоугольника, выделение контуров обнаруженных объектов, отображение центральной точки и номера цвета на каждом объекте, создание информационной панели, Объединение видеокadra и панели по вертикали, вывод итогового изображения в окно, обработка нажатий клавиш.

Модуль 6: Главный модуль (точка входа). Назначение: координация работы всех модулей, инициализация и основной цикл программы.

Основной функционал - Инициализация камеры (вызов модуля 1), инициализация контроллера конвейера и подключение к Arduino (модули 3 и 4), установка начальных параметров (зона обнаружения), вывод служебной

информации и инструкций в консоль, обработка исключений, корректное освобождение ресурсов.

Для тестирования программного обеспечения, была реализована и собрана макетная установка, которая состоит из таких элементов, как конвейерная лента, камера, подсветка, 3 толкателя, двигателя конвейера и управляющего микроконтроллера. Собранная установка представлена на рисунке 2.

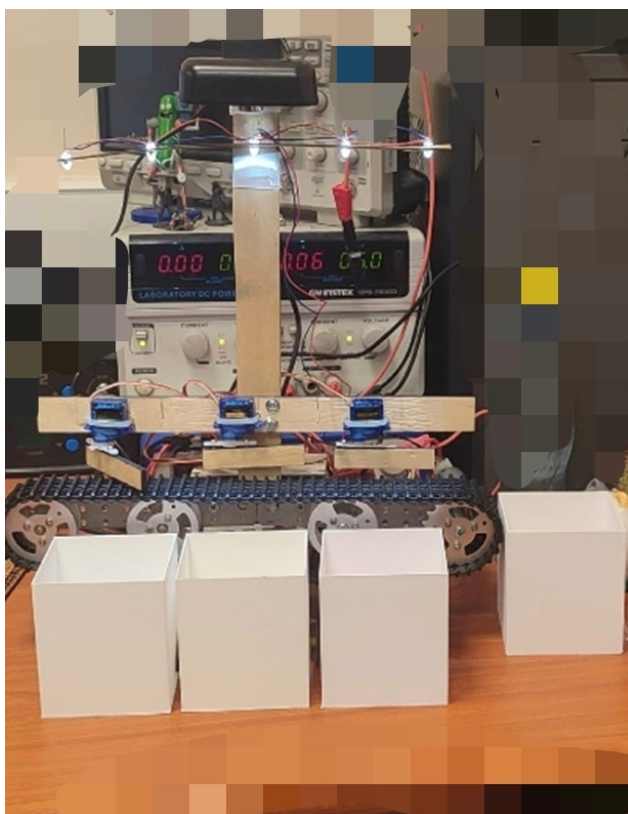


Рисунок 2 – Внешний вид установки

Разработанная система работает по следующему алгоритму:

1. Оператор запускает программу → подключение к камере и Arduino.
2. Конвейер остановлен, готов к работе.
3. Объект помещается на ленту → лента движется.
4. Объект въезжает в зону обнаружения → запуск трёхсекундного таймера.

5. Через 3 секунды → отправка команды на Arduino.
6. Arduino активирует соответствующий толкатель → сброс объекта.
7. Конвейер делает короткий импульс → объект покидает зону.
8. Конвейер останавливается. Цикл повторяется.

Внешний вид с компьютера оператора, при запуске установки представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Вид с камеры установки после запуска

После тестирования установки были выявлены следующие достоинства и недостатки:

Достоинства:

1. Полная автоматизация сортировки
2. 3-секундная стабилизация перед сбросом (исключает ложные срабатывания)
3. Автоматическое обнаружение Arduino на COM-портах
4. Визуальная обратная связь на экране
5. Протоколирование в реальном времени

Недостатки:

1. Фиксированная задержка 3 секунды (не адаптируется под скорость конвейера)

2. Отсутствие восстановления связи при обрыве USB
3. Нет подтверждения физического сброса объекта
4. Обработка только одного объекта за раз

Заключение. В ходе процесса разработки системы компьютерного зрения по фасовке лекарственных препаратов, была достигнута цель: проведён сбор, систематизация и анализ необходимых материалов, а также разработана система управления и базовые компоненты программного обеспечения для автоматизированной установки сортировки лекарственных препаратов.

Были решены задачи, по анализу предметной области, который показал, что автоматизация сортировки фармацевтической продукции является критически важной задачей, влияющей на безопасность пациентов и экономическую эффективность. По обзору существующих решений, который позволил обоснованно выбрать технологический стек (Python, OpenCV, Arduino) и архитектурный паттерн. Сформулированные технические требования легли в основу проектирования. А также спроектирована архитектура ПО, включающая модуль компьютерного зрения на базе HSV-модели, модуль логики управления и коммуникационный модуль с автоматическим определением порта Arduino и рукопожатием. Разработан протокол обработки ошибок, реализован прототип и ключевые модули управления установкой через разработанное программное обеспечение.

Продемонстрирована работоспособность ключевых алгоритмов: детекции цвета в пространстве HSV, временной стабилизации решения, управления исполнительными механизмами через символичный протокол с handshake.

Проведено тестирование реализованной модели на действующей установке, что показало следующие результаты:

Корректное распознавание цветов в зоне ROI при штатном освещении.

Стабильную работу конечного автомата: остановка конвейера при отсутствии объектов, запуск таймера при появлении объекта, отправка команды направления после 3 секунд нахождения в зоне.

Алгоритм работает исправно, но нуждается в доработке и исправлении следующих недостатков:

1. Устранение таймера задержки, при потере объекта
2. Обработка одного объекта за раз
3. Высокая чувствительность к освещению



Елхин Д.Д.

18.06.2026