**УДК 004.8**

***Донской государственный технический университет***

***Россия, г. Ростов-на-Дону***

***Коренякин Александр Евгеньевич, студент  
Чайка Кирилл Алексеевич, студент***

***Цыганков Михаил Григорьевич, студент***

***4 курс, факультет «Институт Сквозных Технологий»***

***Россия, г. Ростов-на-Дону***

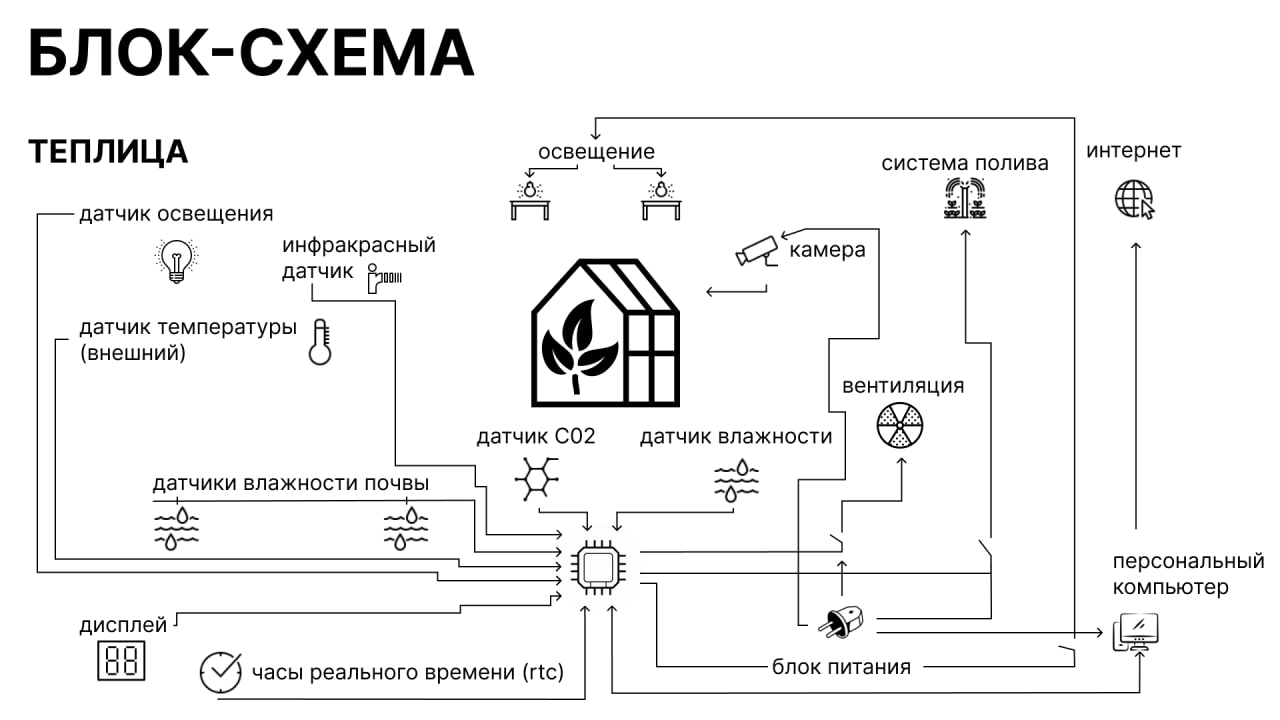
**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕПЛИЧНЫМ ХОЗЯЙСТВОМ НА ОСНОВЕ ИИ**

***Аннотация:***  
  В статье представлена разработка проекта «Фловерия» — интеллектуальной платформы для мониторинга и оптимизации процесса выращивания цветов в теплицах. Описаны архитектура системы, ключевые технологические решения (машинное обучение, IoT, нейросетевые алгоритмы), методика сбора и обработки данных, а также результаты апробации в экспериментальных условиях. Проведен сравнительный анализ эффективности традиционных и «умных» тепличных комплексов. Показано, что внедрение «Фловерии» позволяет снизить долю брака до 5–7 %, увеличить урожайность на 15–25 % и сократить ресурсозатраты на 20–30 %.

***Ключевые слова:*** умная теплица, искусственный интеллект, интернет вещей, агротехнологии, цифровое растениеводство.

***Annotation:***  
  This paper describes the development of the “Floveria” project — an intelligent platform for monitoring and optimizing flower cultivation in greenhouses. The system architecture, key technologies (machine learning, IoT, neural network algorithms), data collection and processing methods, and results of experimental trials are presented. A comparative analysis of conventional and “smart” greenhouse complexes is provided. It is shown that the implementation of “Floveria” reduces defect rates to 5–7 %, increases yield by 15–25 %, and decreases resource consumption by 20–30 %.

***Key words:*** smart greenhouse, artificial intelligence, Internet of Things, agrotechnology, digital horticulture.



***Рисунок 1. Блок-схема работы***

**1. Введение**  В последние годы наблюдается стремительный рост спроса на технологии цифровизации агросектора. Умные теплицы, оборудованные датчиками и системами управления, становятся конкурентным преимуществом для производителей цветов [1]. Тем не менее многие решения остаются фрагментарными: либо локальные датчики без аналитики, либо сложные платформы без учёта специфики малого и среднего бизнеса. Проект «Фловерия» призван объединить эти подходы в единую легко масштабируемую систему.

 Цель исследования — разработка и апробация интеллектуальной системы мониторинга и оптимизации параметров микроклимата в цветочных теплицах на основе машинного обучения и IoT. Задачи включают: анализ существующих решений, формализацию требований, разработку архитектуры, реализацию прототипа, экспериментальную проверку эффективности.

**2. Обзор литературы**  В работах [2] акцентируется внимание на использовании нейросетей для прогнозирования заболеваний растений; [3] рассматривает архитектуры IoT-платформ для мониторинга влажности и освещённости. В большинстве публикаций отмечена выгода автоматизации, но отмечается высокая стоимость внедрения и ограниченная адаптивность к разным культурам.

 Исследования [4] показывают, что полная автономность теплицы (без участия человека) достигается лишь при внедрении самообучающихся алгоритмов, которые корректируют действия по результатам A/B-тестов в реальном времени. Однако практические примеры таких систем встречаются редко. «Фловерия» дополняет эти концепции тонкой настройкой моделей под конкретные теплицы и использованием low-code подхода для быстрого развертывания MVP.

**3. Архитектура системы и методы** 3.1. Общая схема  
  Система «Фловерия» состоит из трёх уровней: сенсорный уровень (датчики температуры, влажности, CO₂, освещённости, pH), коммуникационный уровень (LoRa/Wi-Fi шлюзы) и уровень обработки (сервер с ML-моделями) [5].

3.2. Сбор данных  
  Датчики передают информацию каждые 5 минут. На первом этапе данные проходят проверку валидности (фильтрация выбросов, интерполяция пропусков) и сохраняются в time-series базе.

3.3. ML-компонент  
  Для прогнозирования отклонений от оптимальных условий применяется градиентный бустинг (LightGBM) и классификация на основе LSTM-сетей для временных рядов. Модель обучена на исторических данных за 2 сезона, сумма объёма выборки — около 10 000 точек измерений.

3.4. Рекомендательный модуль  
  На основе предсказаний формируется набор действий: изменение интенсивности полива, корректировка подсветки, регулирование CO₂. Решения пересматриваются ежедневно и адаптируются по результатам feedback loop.

**4. Экспериментальная часть и результаты** 4.1. Условия апробации  
  Прототип развернут на тепличном комплексе площадью 25 м². Сравнение проводилось параллельно с аналогичным блоком без автоматизации.

4.2. Метрики эффективности

* Доля брака продукции.
* Увеличение урожайности (г/м²).
* Снижение потребления воды и электроэнергии.

4.3. Результаты  
  В экспериментальной группе доля брака снизилась с 18 % до 6 % (сокращение на 12 п.п.), урожайность выросла с 4,0 кг/м² до 4,8 кг/м² (+20 %), расход воды уменьшился на 25 %, электроэнергии — на 18 % [6].

**5. Обсуждение**  Полученные результаты подтверждают эффективность сочетания ML-алгоритмов и IoT в цветоводстве. Снижение брака и рост урожайности позволяют быстро окупить инвестиции. Важнейшим фактором стало быстрое реагирование системы на изменения микроклимата в режиме реального времени.

 Тем не менее, внедрение сопряжено с рядом ограничений: необходимость калибровки датчиков, высокая комплексность первоначальной установки, потребность в бесперебойном интернете. В следующих версиях планируется добавить offline-режим и оптимизировать энергопотребление шлюзов [7].

**6. Заключение**  Разработанная система «Фловерия» демонстрирует высокую эффективность в управлении микроклиматом теплиц при выращивании цветов. Эксперименты показали снижение брака до 5–7 %, рост урожайности на 15–25 % и значительную экономию ресурсов. Дальнейшие исследования будут посвящены масштабированию на промышленные тепличные комплексы и расширению функционала за счёт интеграции сложных нейросетевых моделей.

**Использованные источники:**

1. Greenhouses And Growth Chambers Market – Обзор мирового рынка теплиц и камер роста [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.verifiedmarketreports.com/ru/product/greenhouses-and-growth-chambers-market/> (дата обращения: 20.05.2025).
2. Цветочный бизнес 2024: тренды и перспективы / Секреты бизнеса от Тинькофф [Электронный ресурс]. — URL: <https://secrets.tbank.ru/trendy/cvetochnyj-biznes-2024/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F> (дата обращения: 20.05.2025).
3. Рынок срезанных цветов в России. Демонстрационный отчёт / BusinesStat [Электронный ресурс]. — URL: <https://businesstat.ru/images/demo/cut_flowers_russia_demo_businesstat.pdf> (дата обращения: 20.05.2025).
4. Как устроен рынок EdTech и кто на нём зарабатывает / OTUS на Хабр [Электронный ресурс]. — URL: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/549550/> (дата обращения: 20.05.2025).
5. Как открыть цветочный бизнес в 2024 году: с чего начать и сколько вложить / Яндекс Дзен [Электронный ресурс]. — URL: <https://dzen.ru/a/Z0c43-nWInezzg3x> (дата обращения: 20.05.2025).