

УДК 004.45:681.5

КОНТРОЛЬ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫРАБОТКИ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИИ, ДАТЧИКОВ И ВЕБ-ИНТЕРФЕЙСА

Д. В. СВОБОДИН

Научный руководитель Т. А. ПЕТРОВСКАЯ

Национальный детский технопарк

Минск, Беларусь

Государственная программа на 2026–2030 годы в рамках цифровизации предполагает внедрение систем интеллектуального мониторинга для оценки состояния оборудования, прогнозирования выработки энергии и оповещения о чрезвычайных ситуациях [1]. Эта проблема наиболее ярко проявляется в связи с солнечными электростанциями, производительность которых зависит от частых и порой резких изменений погодных условий. Существующие в настоящее время средства сбора и обработки данных не всегда обеспечивают необходимый уровень точности измерений. Поэтому разработка автоматизированной системы измерений с использованием элементов искусственного интеллекта является вполне оправданной и актуальной.

Разработанная трёхуровневая архитектура интеллектуальной системы мониторинга солнечной панели изображена на рис. 1.

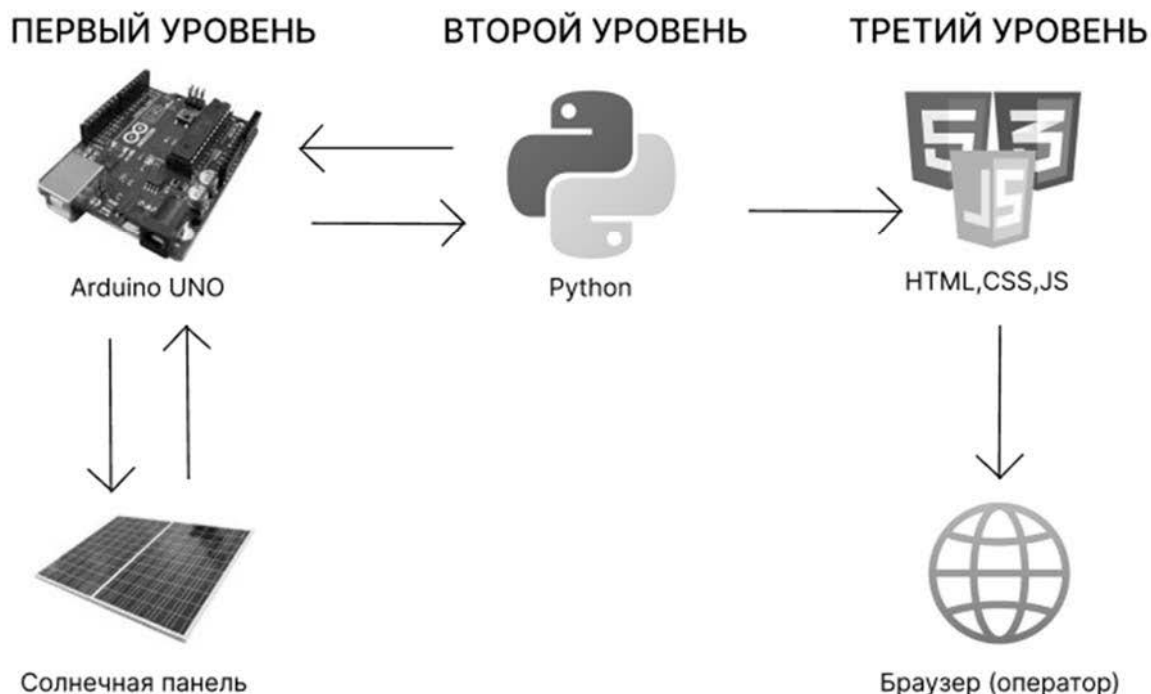


Рис. 1. Схема распределения уровней

Первый уровень представлен микроконтроллером Arduino UNO, который опрашивает датчики каждую секунду (табл. 1).

Табл. 1. Используемые датчики

Название	Назначение
DHT11	Измерение температуры и влажности окружающей среды
Фоторезистор (LDR)	Датчик освещённости
INA219	Датчик силы тока и напряжения

Второй уровень, разработанный на Python с библиотеками pyserial, NumPy и TensorFlow, рассчитывает такие параметры, как накопленная энергия, сопротивление, КПД и точка росы. Эти данные поступают на анализ в нейросеть LSTM. Эксперименты подтвердили стабильность модели, которая заблаговременно определяет падение эффективности панелей, например, при переходе от сумерек к темноте. В таких случаях система присваивает оборудованию статус «критическое». Уведомление мгновенно передается оператору через веб-интерфейс, что позволяет заранее компенсировать просадку генерации.

Третий уровень – это веб-интерфейс, разработанный с использованием HTML5, CSS3 и JavaScript с клиентом WebSocket. Все измеряемые и рассчитанные значения (напряжение, ток, мощность, температура, влажность, освещённость, эффективность, PR, сопротивление, точка росы, накопленная энергия) представлены в реальном времени. Отдельный блок посвящён нейросетевому анализу: присутствует прогноз выработки энергии на 5 мин и сутки, а также индикатор здоровья панели и класс состояния. Данные о силе тока, напряжения, освещённости и т. д. красиво выводятся на динамических графиках Charts.js за последние 60 с. Интерфейс доступен с любого устройства через браузер по локальной сети, что обеспечивает удобный контроль в любой момент.

Автоматизация сбора параметров исключила ручные ошибки и обеспечила постоянный контроль метеорологических и электрических показателей [2]. Использование LSTM-нейросетей и удаленного веб-интерфейса позволяет заблаговременно прогнозировать выработку энергии и состояние оборудования, предотвращая убытки [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. О Государственной программе «Устойчивая энергетика и энергоэффективность» на 2026–2030 годы : постановление Совета Министров Респ. Беларусь от 31 дек. 2025 г. № 819. – Мн. : Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь, 2026.

2. **Арцивенко, И. Е.** Искусственный интеллект в энергетике: возможности, кейсы и барьеры внедрения / И. Е. Арцивенко // Вестник науки. – 2025. – Т. 2, № 12 (93). – С. 1994–2000.