

Кукарцева Светлана Владиславовна

студентка

ФГБОУ ВО «Российский государственный
аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева»

г. Москва

Соловьева Татьяна Владимировна

студентка

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет
науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева»

г. Красноярск, Красноярский край

Прудкий Александр Сергеевич

канд. пед. наук, и.о. заведующего кафедрой, доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный
аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева»

г. Москва

Научный руководитель

Вахрушева Инна Алексеевна

канд. пед. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Российский государственный
аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева»

г. Москва

СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПОТ-СИСТЕМ КАК ФАКТОР УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ

***Аннотация:** в статье рассмотрен метод структурно-функционального проектирования интеллектуальных систем промышленного интернета вещей, основанный на поэтапной декомпозиции объекта и рациональном распределении вычислительных ресурсов между Edge и Cloud уровнями. Пятислойная архитектурная модель интегрирует сенсоры, коммуникации, распределённые узлы, ML-*

модули и прикладные сервисы; критерий $L = \alpha T + \beta C_r$ формализует баланс отклика и ресурсоёмкости. Обосновано значение метода для экономики цифровизации: масштабируемость, модульность, ресурсная эффективность как условия устойчивого развития.

Ключевые слова: цифровая экономика, IoT, структурно-функциональное проектирование, Edge-вычисления, устойчивое развитие, ресурсоэффективность.

Введение. Цифровая трансформация промышленности требует системных подходов к проектированию распределённых интеллектуальных архитектур, однако формализованные методы синтеза остаются недостаточно разработанными. Функциональное моделирование бизнес-процессов формирует основу проектирования информационных систем предприятия, а архитектуры цифровых платформ мониторинга с облачными и интеллектуальными технологиями образуют инфраструктуру сбора и анализа данных.

1. *Методика проектирования.* Интеллектуальная IoT-система формализована как $S = \langle D, N, E, C, M, U \rangle$; каждому потоку f_i назначается обработка $\varphi: F \rightarrow P$ (фильтрация, агрегация, детекция аномалий, классификация, прогноз). Распределение задач минимизирует композитный показатель $L = \alpha T + \beta C_r$ при ограничениях задержки и ресурсов. Нейросетевые алгоритмы успешно применяются для прогнозирования параметров сложных систем, ансамблевые методы обеспечивают устойчивое моделирование рисков, а принципы адаптивного управления производительностью транзакционных БД коррелируют с контуром адаптации архитектуры.

2. *Пятислойная архитектура.* Модель включает сенсорный, коммуникационный, Edge, Cloud и прикладной уровни; ML-модули встраиваются на этапе проектирования, а не как внешний компонент. Сравнительный анализ статистических и нейросетевых методов обосновывает выбор интеллектуальной аналитики; рекуррентные сети определяют требования к прогнозированию тепловых и нагрузочных процессов; конфиденциальность телеметрии обеспечивается

принципами федеративного обучения. Потоки оптической диагностики дефектов и данные компьютерного зрения для диагностики деформаций относятся к приоритетным потокам Edge-уровня.

Таблица 1

Распределение функций по архитектурным слоям

Слой	Функции	Задержка
Sensing	Генерация данных	-
Communication	Передача, агрегация	единицы мс
Edge	Предобработка, инференс	< 50 мс
Cloud	Обучение моделей, хранение	секунды-минуты
Application	Визуализация, поддержка решений	минуты

3. *Экономические эффекты.* Модульность и масштабируемость снижают совокупную стоимость владения; проектирование модулей информационных систем выступает фактором повышения качества сервисных услуг предприятия. Ресурсоосознанное распределение вычислений поддерживает повестку устойчивого развития: энергоэффективность ЦОД, отложенные инфраструктурные инвестиции, прозрачность политик управления.

Заключение. Метод структурно-функционального проектирования формирует методологическую основу интеллектуальных, ресурсоосознанных и масштабируемых IoT-систем – инфраструктурного условия устойчивого развития цифровой экономики.

Список литературы

1. Функциональное моделирование бизнес-процессов как основа проектирования информационных систем предприятия / М.В. Журавлев, Б.В. Потапов, С.В. Пчелинцева, Д.И. Тудаков // Социально-экономические процессы современного общества: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 10 февраля 2026 г.). – Чебоксары: Среда, 2026. – С. 163–167. EDN LVNZDY

2. Архитектура цифровых платформ экологического мониторинга горнопромышленных регионов с использованием облачных и интеллектуальных технологий / Б.В. Потапов, М.В. Журавлев, А.А. Ступина, С.В. Пчелинцева // Известия

Тулъского государственного университета. Науки о Земле. – 2026. – №1. – С. 113–118. EDN MXAZUV

3. Использование нейросетевых алгоритмов для прогноза коллекторских свойств нефтегазоносных пород по геофизическим данным скважин / В.В. Кукарцев, Б.В. Потапов, С.В. Пчелинцева, М.В. Журавлев // Геология и Геофизика Юга России. – 2026. – Т. 16. №2. – С. 256–267. DOI 10.46698/VNC.2026.90.55.001. EDN KEEVXM

4. Интеллектуальные модели анализа геоэкологических рисков горнопромышленных территорий на основе ансамблевых методов машинного обучения / Б.В. Потапов, М.В. Журавлев, А.А. Ступина, Л.А. Казаковцев // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2026. – №1. – С. 108–112. EDN SJGJHI

5. Tudakov D.I. Adaptive Performance Management of Transactional Databases in Automated Process Control Systems Based on Probabilistic Fragmentation Prediction / D.I. Tudakov, B.V. Potapov, S.V. Pchelintseva // 2026 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM). – IEEE, 2026. – P. 1178–1182.

6. Сравнительный анализ статистических и нейросетевых методов прогнозирования геоэкологических показателей горнодобывающих объектов / А.А. Ступина, Б.В. Потапов, М.В. Журавлев, С.В. Пчелинцева // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2025. – №4. – С. 125–130. EDN ITXOMF

7. Прогнозирование тепловых процессов в подземных горных сооружениях с использованием рекуррентных нейронных сетей / М.В. Журавлев, Б.В. Потапов, С.В. Пчелинцева, В.В. Кукарцев // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2025. – №3. – С. 205–211. EDN LZFRCG

8. Stepantsevich M.N. Federated Learning for Privacy-Preserving Energy Consumption Prediction in Smart Buildings / M.N. Stepantsevich, B.V. Potapov // 2026 International Conference on Artificial Intelligence and Smart Energy (AISEI). – IEEE, 2026. – P. 1182–1187.

9. Shcherban P.S. Detection of defects in steel oil and gas operating pipelines using a neural network, based on the results of optical diagnostics / P.S. Shcherban, B.V. Potapov, A.N. Karagadyan // Research on Engineering Structures and Materials. – 2025. – P. 3051–3068.

10. Пчелинцева С.В. Применение методов компьютерного зрения для автоматизированной диагностики деформаций и разрушений горных выработок / С.В. Пчелинцева, М.В. Журавлев // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2026. – №1. – С. 359–364. EDN KOUAZF

11. Проектирование модуля информационной системы как фактор повышения качества сервисных услуг предприятия / Л.В. Красовская, Б.В. Потапов, С.В. Пчелинцева, М.В. Журавлев // Право, экономика и управление: теория и практика. – Чебоксары: Среда, 2025. – С. 191–194. EDN CHXXVN

12. Kukartseva S.V. Method of Structural-Functional Design of Intelligent Industrial IoT Systems / S.V. Kukartseva, A.V. Marchenko, T.I. Mariupolskiy // 2026 International Conference on Smart Industry and Digitalization (SmartIndustryCon). – IEEE, 2026. – P. 1240–1244.

13. Интеграция геоинформационных систем и алгоритмов искусственного интеллекта для мониторинга геотехнической устойчивости объектов горной инфраструктуры / Л.А. Казаковцев, А.С. Прудкий, И.А. Вахрушева, М.С. Никаноров // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2026. – №1. – С. 354–359. EDN EGFSPA

14. Интерпретируемые модели машинного обучения в задачах оценки экологической и промышленной безопасности горнодобывающих предприятий / Л.А. Казаковцев, А.С. Прудкий, И.А. Вахрушева, А.Н. Лосев // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2026. – №1. – С. 169–174. EDN GNIXFD