

Алмазова Екатерина Сергеевна

аспирант

Низамеева Алёна Владимировна

аспирант

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий
им. академика М.Ф. Решетнева»
г. Красноярск, Красноярский край

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА МОЛОКОПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ПРЕДПРИЯТИИ

***Аннотация:** представлен проект интеллектуальной информационной системы (ИС) для молокоперерабатывающего предприятия, объединяющей подсистемы LIMS, MES, WMS и производственную аналитику в едином информационном пространстве. Проведена трансформация процесса из состояния «как есть» (AS-IS) в целевую модель (TO-BE) с автоматическими шлюзами качества, сквозной идентификацией производственных партий и дополнительной переработкой побочного продукта. Архитектура обеспечивает прослеживаемость, совместимую с требованиями ISO 22000 и ISO 22400, и интеграцию с промышленным интернетом вещей. Проектная экономическая оценка показывает снижение ежемесячных операционных затрат с 74,13 до 69,59 млн руб. (эффект 4,54 млн руб./мес.) при бюджете внедрения 43,12 млн руб. и сроке окупаемости около 9,5 месяцев. Определен план пилотной валидации по семи группам метрик.*

***Ключевые слова:** цифровая трансформация, LIMS, MES, WMS, прослеживаемость, промышленный интернет вещей, молокопереработка, производственная аналитика.*

***Введение:** цифровая трансформация пищевых производств требует интеграции управления производством, лабораторного контроля, материальных потоков и аналитики в единую среду. Для молокоперерабатывающего предприятия это*

критично из-за непрерывности материальных потоков, строгих требований к качеству, скоропортящегося сырья и необходимости соблюдения стандартов пищевой безопасности. Существующий разрыв между физическим движением партии и ее информационным следом приводит к задержкам управленческих решений, росту потерь и невозможности оперативного расследования отклонений.

Объектом исследования выбрано предприятие с полным производственным циклом: приемка сырья, лабораторный контроль, переработка, формирование продукции, упаковка и отгрузка. Документация предприятия фиксирует ручной информационный обмен и недостаточную прозрачность процессов как ключевые организационные проблемы. Функциональное моделирование бизнес-процессов выступает основой проектирования таких систем, а проектирование модулей ИС является фактором повышения качества сервисных услуг.

Методология и анализ текущего состояния: исследование выполнено в логике проектно-ориентированного подхода (design-science). Исходное описание процесса декомпозировано на функциональные стадии, их информационные входы и выходы, ответственные роли и контрольные точки. Модель AS-IS затем трансформирована в модель TO-BE путем выявления ручных операций, подлежащих цифровизации, и добавления информационных связей между лабораторными, производственными, складскими и аналитическими функциями. Моделирование процессов следует логике IDEF0 и eEPC, а процессно-ориентированный подход согласуется с методами, трактующими производство как структурированную последовательность управляемых операций.

Текущая информационная среда характеризуется участием нескольких ролей: лабораторного персонала, технологов, складских операторов и производственных менеджеров. Лабораторные результаты фиксируются в бумажных журналах, производственные события – в разрозненных таблицах, складские операции – в учетных системах без связи с производственными партиями. Возникающая проблема может быть представлена как информационный разрыв: физическая партия непрерывно движется по технологической цепочке, тогда как информация о ней регистрируется в изолированных контекстах.

Целевая модель и архитектура интегрированной ИС: в состоянии TO-BE

датчики и контроллеры предоставляют производственные данные, LIMS регистрирует лабораторные результаты, MES управляет технологическими операциями, WMS фиксирует складской статус и маркировку, аналитика трансформирует накопленные данные в управленческие показатели (табл. 1). Отличительной особенностью целевой модели становится введение дополнительной переработки побочного продукта: при производстве творожного сыра сывороточное зерно, ранее остававшееся вторичным материальным потоком, собирается и получает уникальный идентификатор партии, после чего используется как ресурс дополнительной стадии производства творога. Это меняет процесс не только технологически, но и информационно – побочный продукт становится прослеживаемым объектом с собственным статусом качества, количеством и историей.

Таблица 1

Функциональная структура предлагаемой ИС

Подсистема	Первичные данные	Основная функция
LIMS	Лабораторные измерения, статус качества	Контроль качества и выпуск партий
MES	Рецептуры, параметры, производственные события	Координация и мониторинг производства
WMS + маркировка	Коды, упаковки, паллеты, остатки	Прослеживаемость и складская регистрация
Аналитика	Агрегированные операционные данные	Расчет KPI и поддержка решений

Заключение: разработанная архитектура создает техническую базу для предиктивного обслуживания, оптимизации энергопотребления и складской логистики на молокоперерабатывающем предприятии. Проект также формирует основу для модулей прогнозирования надежности, обнаружения аномалий, имитационного моделирования и вычислительного интеллекта. Следующим шагом является контролируемый пилот с использованием определенных метрик полноты прослеживаемости, задержки данных, реакции шлюзов качества, точности KPI, доступности, простоев, материальных потерь и нормализованных операционных

затрат. Такая валидация определит, какие прогнозируемые преимущества реализуются на практике, и обеспечит доказательную базу для последующего полномасштабного развертывания.

Список литературы

1. Разработка алгоритма автоматической классификации нарушенных горными работами земель по данным дистанционного зондирования / О. С. Ермолаева, А. А. Ступина, С. И. Горбачев, Г. В. Кораблева // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2026. – № 3. – С. 167–180.

2. Разработка программного модуля оценки эффективности рекультивации нарушенных земель по комплексу экологических показателей / И. И. Клешко, А. В. Бабкина, О. С. Пучкова, Г. В. Кораблева // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2026. – № 3. – С. 181–234.

3. Кораблева, Г. В. Анализ и совершенствование возможностей поддержки процессов управления качеством автоматизированными ERP-системами / Г. В. Кораблева, А. Н. Ушаков // Экономика и предпринимательство. – 2024. – № 5(166). – С. 1088–1094. – DOI 10.34925/EIP.2024.166.5.224. – EDN BABPJJ.

4. Кораблева, Г. В. Совершенствование процессов планирования на предприятиях за счёт внедрения автоматизированных систем поддержки принятия решений / Г. В. Кораблева // Ресурсосбережение. Эффективность. Развитие : сборник материалов IX Всероссийской научно-практической конференции (Донецк, 1 ноября 2024 г.). – Донецк : Донецкий национальный технический университет, 2024. – С. 63–65. – EDN WIOIYS.

5. 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.

6. Интеллектуальная модель прогнозирования объемов образования отходов на основе методов машинного обучения / Т. А. Панфилова, В. С. Тынченко, Б. В. Потапов, М. С. Никаноров // Устойчивое развитие горных территорий. –

2026. – T. 18, № 2 (68). – C. 1107–1120. – DOI 10.21177/1998-4502-2026-18-2-1107-1120. – EDN GTTEPG.