

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



ZHANGIR KHAN
UNIVERSITY

ЗАПАДНО–КАЗАХСТАНСКИЙ
АГРАРНО–ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ ЖАНГИР ХАНА

Э.А. Рустенова
А.Д. Ибыжанова

Цифровая трансформация агропромышленных
предприятий: модели, инструменты и стратегии
адаптации бизнес-процессов

Монография

Уральск
2026

УДК: 338.43:004.9

ББК: 65.32с51

Р89

НАУЧНОЕ ИЗДАНИЕ

**Рекомендовано к печати Ученым Советом Западно–Казахстанского
аграрно–технического университета имени Жангир хана
(протокол №2 от 24.09.2026 года)**

Авторы:

Э. А. Рустенова (введение, разделы 3, 5, заключение), А. Д. Ибыжанова
(введение, разделы 1, 2, 4, 6, заключение)

Рецензенты:

Габдуалиева Р.С., д.э.н., профессор ЗКАТУ им.Жангир хана
Lim S. S., профессор Korea University

Рустенова Э.А.

Р89 Цифровая трансформация агропромышленных предприятий: модели, инструменты и стратегии адаптации бизнес-процессов: Монография / Э.А. Рустенова, А.Д. Ибыжанова – Уральск: ЗКАТУ имени Жангир хана, 2026. – 272 с.

ISBN 978-601-319-745-6

В монографии представлены результаты исследований теоретико-методологических и прикладных аспектов цифровой трансформации агропромышленных предприятий. Рассмотрены современные модели и инструменты цифровой трансформации, международный опыт и возможности его адаптации в Республике Казахстан. Разработаны методические подходы к моделированию и трансформации бизнес-процессов агропромышленных предприятий на основе моделей AS-IS и TO-BE, процессного и имитационного моделирования.

Монография предназначена для научных работников и специалистов агропромышленного комплекса, профессорско-преподавательского состава, докторантов, магистрантов и обучающихся экономических и управленческих направлений подготовки, а также руководителей и специалистов предприятий, занимающихся вопросами цифровой трансформации и совершенствования бизнес-процессов.

УДК: 338.43:004.9

ББК: 65.32с51

ISBN 978-601-319-745-6

© Рустенова Э.А., Ибыжанова А.Д., 2026

© НАО «Западно – Казахстанский аграрно – технический
университет имени Жангир хана», 2026

СОДЕРЖАНИЕ

Нормативные ссылки.....	6
Определения.....	7
Обозначения и сокращения.....	9
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРСКОМ ВКЛАДЕ.....	10
ВВЕДЕНИЕ.....	11
1.ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	17
1.1. Сущность и содержание бизнес-процессов предприятия.....	17
1.2. Классификация и система типовых бизнес-процессов агропромышленных предприятий.....	22
1.3. Бизнес-процессы как объект цифровой трансформации агропромышленных предприятий.....	28
Выводы по главе 1.....	33
2.МЕТОДОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ.....	36
2.1 Сущность и виды моделирования и моделей в экономике и управлении.....	36
2.2 Методология SADT и ее использование в моделировании бизнес- процессов в АПК.....	40
2.3 Методология моделирования BPMN.....	44
2.4 Методология моделирования бизнес-процессов ARIS.....	47
2.5 Современные программные инструменты моделирования бизнес- процессов.....	49
Выводы по главе 2.....	52
3.МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО АДАПТАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН.....	55
3.1 Методический подход к сравнительному анализу международных практик цифровой трансформации агропромышленных предприятий.....	55
3.2 Российский опыт цифровой трансформации агропромышленных предприятий.....	61
3.3 Модели и практики цифровой трансформации предприятий стран Восточной Европы.....	81
3.4 Опыт цифровой трансформации агропромышленного сектора Республики Корея.....	98
3.5 Сравнительная оценка международных практик и направления их адаптации в агропромышленном секторе Республики Казахстан.....	107
Выводы по главе 3.....	114
4.ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ ЦИФРОВОЙ	116

ТРАНСФОРМАЦИИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	
4.1. Организация и методика эмпирического исследования.....	116
4.2. Анализ факторов цифровой трансформации на основе количественного исследования.....	124
4.3. Качественная оценка процессов цифровой трансформации по результатам интервью.....	128
4.4. Интерпретация результатов исследования.....	131
Выводы по главе 4.....	133
5.БИЗНЕС-МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	134
5.1. Методология моделирования бизнес-процессов агропромышленных предприятий.....	134
5.2. Разработка моделей AS-IS и TO-BE.....	144
5.3. Разработка цифровой модели агропромышленного предприятия средствами Business Studio.....	151
5.3.1. Разработка и апробация цифровой модели А5.4.2 «Разработка схемы для кормов».....	151
5.3.2. Разработка и апробация цифровой модели А5.4.3 «Кормление на несколько групп».....	154
5.3.3. Разработка и апробация цифровой модели А5.4.5 «Уборка помещений содержания животных».....	157
5.3.4. Разработка и апробация цифровой модели А5.5.2 «Подготовка к доению».....	161
5.3.5. Разработка и апробация цифровой модели А5.5.3 «Процесс доения».....	164
5.3.6. Разработка и апробация цифровой модели А5.5.4 «Выгонка животных с доения».....	167
5.3.7. Разработка и апробация цифровой модели А5.6.1 «Ежедневный обход».....	169
5.4. Стендовое тестирование и оценка результатов моделирования.....	172
6. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	182
6.1. Концептуальная модель цифровой трансформации агропромышленных предприятий.....	182
6.1.1. Необходимость формирования концептуальной модели цифровой трансформации агропромышленных предприятий.....	182
6.1.2. Методологические основы построения концептуальной модели цифровой трансформации агропромышленных предприятий.....	184
6.1.3. Концептуальная модель цифровой трансформации агропромышленных предприятий Республики Казахстан.....	188

6.1.4. Особенности применения концептуальной модели в условиях агропромышленного комплекса Республики Казахстан.....	200
6.2. Организационно-экономический механизм реализации цифровой трансформации.....	203
6.3. Практические рекомендации и дорожная карта цифровой трансформации агропромышленных предприятий.....	208
Выводы по главе 6.....	228
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	230
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	235
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	239
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	244
ПРИЛОЖЕНИЕ В.....	245
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	246
ПРИЛОЖЕНИЕ Д.....	247
ПРИЛОЖЕНИЕ Е.....	248
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж.....	249
ПРИЛОЖЕНИЕ И.....	250
ПРИЛОЖЕНИЕ К.....	251
ПРИЛОЖЕНИЕ Л.....	252
ПРИЛОЖЕНИЕ М.....	253
ПРИЛОЖЕНИЕ Н.....	254
ПРИЛОЖЕНИЕ П.....	255
ПРИЛОЖЕНИЕ Р.....	256
ПРИЛОЖЕНИЕ С.....	257
ПРИЛОЖЕНИЕ Т.....	258
ПРИЛОЖЕНИЕ У.....	260
ПРИЛОЖЕНИЕ Ф.....	263
ПРИЛОЖЕНИЕ Х.....	268

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

1. Цифровой кодекс Республики Казахстан от 9 января 2026 года № 255-VIII ЗРК.
2. Закон Республики Казахстан от 8 июля 2005 года № 66-III «О государственном регулировании развития агропромышленного комплекса и сельских территорий» (с изменениями и дополнениями).
3. Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 декабря 2021 года № 960 «Об утверждении Концепции развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан на 2021–2030 годы» (с изменениями и дополнениями).
4. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 марта 2023 года № 269 «Об утверждении Концепции цифровой трансформации, развития отрасли информационно-коммуникационных технологий и кибербезопасности на 2023–2029 годы».
5. ISO/IEC 19510:2013. Information technology — Object Management Group Business Process Model and Notation (BPMN).

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Применяются следующие термины с соответствующими определениями:

Агропромышленное предприятие - хозяйствующий субъект агропромышленного комплекса, осуществляющий производство, переработку, хранение и (или) реализацию сельскохозяйственной продукции и использующий совокупность производственных, управленческих и обеспечивающих бизнес-процессов.

Бизнес-процесс - совокупность взаимосвязанных и последовательно выполняемых действий (операций), преобразующих входные ресурсы и информацию в результат, представляющий ценность для внутренних или внешних потребителей.

Бизнес-моделирование - формализованное представление структуры, процессов, ресурсов, информационных потоков и взаимосвязей предприятия, используемое для анализа его текущего состояния и проектирования изменений.

Цифровая трансформация - комплексное преобразование деятельности предприятия на основе интеграции цифровых технологий, данных и организационно-управленческих изменений, приводящее к изменению бизнес-процессов, механизмов принятия решений и способов создания ценности.

Цифровая трансформация бизнес-процессов - целенаправленное изменение структуры, последовательности, параметров и информационного обеспечения бизнес-процессов посредством применения цифровых технологий и организационно-управленческих решений.

Цифровизация - процесс внедрения и использования цифровых технологий и данных в деятельности предприятия для совершенствования выполнения отдельных функций, операций и процессов.

Цифровая зрелость - степень готовности предприятия к системному использованию цифровых технологий и данных, характеризующая уровень развития его технологических, процессных, организационных и управленческих возможностей.

Моделирование бизнес-процессов - формализованное описание структуры, последовательности выполнения, участников, ресурсов, информационных потоков, условий и параметров бизнес-процесса в целях его анализа, оценки и последующего преобразования.

Модель AS-IS («как есть») - формализованное представление текущего состояния бизнес-процесса, отражающее фактическую последовательность операций, используемые ресурсы, информационные взаимодействия, временные характеристики и существующие ограничения.

Модель ТО-ВЕ («как должно быть») - формализованное представление проектируемого целевого состояния бизнес-процесса, сформированного с учетом предлагаемых организационных, технологических и цифровых преобразований.

Имитационное моделирование - метод исследования бизнес-процессов посредством воспроизведения их функционирования в модели с учетом заданных временных, ресурсных и иных параметров и ограничений.

BPMN (Business Process Model and Notation) - стандартизированная нотация графического представления бизнес-процессов, предназначенная для формализованного описания последовательности операций, событий, условий и потоков управления.

Корпоративная архитектура (Enterprise Architecture) - целостное представление взаимосвязей стратегии, бизнес-процессов, данных, приложений и технологической инфраструктуры организации, используемое для согласования организационных и технологических изменений.

Цифровая процессная модель предприятия - взаимосвязанное формализованное представление бизнес-процессов предприятия, включающее их структуру, параметры операций, ресурсы, информационные потоки и цифровые компоненты и предназначенное для анализа, моделирования и проектирования изменений.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АПК - агропромышленный комплекс;

БП - бизнес-процесс;

ИТ - информационные технологии;

ИКТ - информационно-коммуникационные технологии;

ИС - информационная система;

МТФ - молочно-товарная ферма;

ИИ - искусственный интеллект;

AI (Artificial Intelligence) - искусственный интеллект;

AS-IS - модель текущего состояния бизнес-процесса («как есть»);

BPM (Business Process Management) - управление бизнес-процессами;

BPMN (Business Process Model and Notation) - нотация моделирования бизнес-процессов;

DT - цифровая трансформация

EA (Enterprise Architecture) – архитектура предприятия

ERP (Enterprise Resource Planning) - система планирования ресурсов предприятия;

IoT (Internet of Things) - Интернет вещей;

RFID (Radio Frequency Identification) - радиочастотная идентификация;

TO-BE -модель целевого состояния бизнес-процесса («как должно быть»).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРСКОМ ВКЛАДЕ

Монография является результатом совместной научно-исследовательской работы авторов. Общая концепция исследования, его цель и задачи, методологический подход, структура монографии, введение, заключение и обобщение полученных результатов разработаны Э.А. Рустеновой и А.Д. Ибыжановой совместно.

Э.А. Рустеновой подготовлены главы 3 и 5., А.Д. Ибыжановой подготовлены главы 1, 2, 4 и 6.

Систематизация теоретических положений, обсуждение результатов исследования, формулирование выводов и практических рекомендаций, а также научное редактирование окончательного текста монографии выполнены авторами совместно.

ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие агропромышленного комплекса происходит в условиях интенсивного распространения цифровых технологий, увеличения объемов производственных данных, усложнения хозяйственных связей и повышения требований к эффективности использования ресурсов. Технологии Интернета вещей, искусственного интеллекта, автоматизированного управления, цифрового мониторинга и моделирования создают новые возможности для повышения производительности, сокращения потерь, улучшения качества продукции и обоснованности управленческих решений. Вместе с тем внедрение отдельных цифровых решений само по себе еще не обеспечивает цифровой трансформации предприятия. Реальные изменения возникают только тогда, когда технологии интегрируются в систему управления и приводят к преобразованию содержания, последовательности и способов выполнения бизнес-процессов.

Особую актуальность данная проблема приобретает для агропромышленных предприятий. Их деятельность характеризуется взаимосвязью производственных, биологических, организационных и экономических процессов, зависимостью от природно-климатических условий, сезонностью, территориальной рассредоточенностью объектов, ограниченностью отдельных видов ресурсов и значительной вариативностью производственных операций. Существенное влияние на результаты деятельности оказывают состояние материально-технической базы, квалификация персонала, доступность достоверных данных и способность предприятия оперативно реагировать на изменения внешней среды.

В этих условиях цифровая трансформация агропромышленного предприятия не может ограничиваться приобретением современного оборудования, автоматизацией отдельных операций или внедрением разрозненных информационных систем. Она предполагает системное изменение способов организации производственной и управленческой деятельности, интеграцию материальных и информационных потоков, перераспределение функций между персоналом и техническими средствами, а также переход к использованию данных непосредственно в процессе принятия решений.

Центральное место в цифровой трансформации занимают бизнес-процессы, поскольку именно они объединяют ресурсы, персонал, технологии, данные и управленческие воздействия в последовательность действий, направленных на создание конечного результата. Рассмотрение бизнес-процессов в качестве непосредственного объекта цифровых преобразований позволяет перенести исследовательский акцент с наличия отдельных технологий на анализ того, какие элементы деятельности

предприятия изменяются, какие ограничения устраняются и какие операционные, экономические и стратегические результаты могут быть получены.

Необходимость процессного подхода обусловлена также неоднородностью цифрового развития предприятий агропромышленного комплекса. Возможности цифровой трансформации существенно различаются в зависимости от размера предприятия, его специализации, состояния производственной и цифровой инфраструктуры, доступности финансовых ресурсов, уровня компетенций работников и сложившейся системы управления. Дополнительными ограничениями выступают фрагментарность информационных систем, недостаточная интеграция данных, дефицит квалифицированных кадров, высокая стоимость цифровых решений и отсутствие методически обоснованной последовательности их внедрения.

Поэтому универсальный сценарий цифровой трансформации, одинаково применимый ко всем агропромышленным предприятиям, практически невозможен. Требуются методические подходы, позволяющие учитывать исходное состояние конкретного предприятия, определять проблемные бизнес-процессы, выявлять ограничения их выполнения, разрабатывать целевые варианты организации деятельности и оценивать предполагаемые результаты до полномасштабного внедрения цифровых решений.

Значительный интерес в решении данной задачи представляет международный опыт. Практика Российской Федерации, стран Восточной Европы и Республики Корея демонстрирует различные модели цифрового развития аграрного сектора. К их числу относятся интеграция производственных и управленческих данных, развитие точного земледелия и Smart Farming, применение цифровых платформ, создание инфраструктуры поддержки инноваций, реализация пилотных проектов и формирование цифровых цепочек создания стоимости. Вместе с тем различия в структуре сельского хозяйства, ресурсном обеспечении, институциональной среде и уровне цифровой зрелости не позволяют осуществлять прямой перенос зарубежных решений. Международные практики должны рассматриваться с позиции возможности адаптации отдельных механизмов и инструментов к условиям Республики Казахстан.

Наряду с изучением зарубежного опыта необходимо установить факторы, реально определяющие цифровую трансформацию агропромышленных предприятий Казахстана. Важно выявить не только распространенность цифровых технологий, но и их влияние на создание, доставку и извлечение ценности, организацию взаимодействия с потребителями и партнерами, структуру затрат, процессы принятия решений и развитие бизнес-модели предприятия. Для решения данной задачи целесообразно сочетание количественных и качественных методов.

Количественный анализ позволяет установить статистические взаимосвязи между цифровой трансформацией, использованием искусственного интеллекта, рыночной ориентацией и изменениями компонентов бизнес-модели, тогда как качественное исследование раскрывает организационную логику и практические особенности происходящих преобразований.

Особую исследовательскую проблему составляет переход от выявления факторов цифровой трансформации к проектированию конкретных изменений в деятельности предприятия. Для этого необходим инструментарий, позволяющий формализовать фактическую организацию бизнес-процессов, определить их временные, стоимостные, ресурсные и информационные параметры, выявить узкие места и разработать целевую конфигурацию процессов. Моделирование в данном случае выступает не только способом графического представления деятельности предприятия, но и аналитическим инструментом обоснования управленческих решений.

Построение моделей текущего состояния AS-IS дает возможность отразить фактическую последовательность операций, состав участников, используемые ресурсы и информационные потоки. Модель целевого состояния TO-BE позволяет представить изменения, возникающие в результате внедрения цифровых решений. Сопоставление данных моделей обеспечивает выявление различий между существующей и проектируемой организацией процесса, а имитационное моделирование позволяет предварительно оценить изменение его продолжительности, стоимости, загрузки ресурсов и других параметров.

В связи с этим важное место в монографии отводится разработке методологии моделирования бизнес-процессов агропромышленных предприятий, объединяющей системный, процессный и имитационный подходы. Предлагаемая последовательность предусматривает определение границ исследуемой системы, сбор и проверку исходных данных, формализацию и параметризацию процессов, построение модели AS-IS, диагностику ограничений, проектирование цифровых преобразований, формирование модели TO-BE и проведение имитационного эксперимента. Практическая апробация данного подхода осуществляется на материалах ТОО «КТК-888» посредством моделирования процессов разработки схем кормления, кормления животных, уборки помещений, подготовки к доению, доения, выгонки животных и ежедневного обхода.

Переход от совершенствования отдельных бизнес-процессов к устойчивой цифровой трансформации предприятия требует формирования целостного организационно-экономического механизма. Результативность преобразований определяется не количеством приобретенных цифровых решений, а их согласованностью со стратегией предприятия, организационной структурой, системой бизнес-процессов, ресурсными возможностями, кадровыми компетенциями и механизмами управления

изменениями. Поэтому цифровая трансформация должна рассматриваться как непрерывный процесс взаимосвязанных технологических, процессных и организационно-экономических изменений.

Цель монографии заключается в развитии теоретико-методологических положений и разработке методических и практических подходов к цифровой трансформации бизнес-процессов агропромышленных предприятий с учетом отраслевой специфики и условий Республики Казахстан.

Для достижения поставленной цели определены следующие задачи:

1. раскрыть теоретические основы цифровой трансформации бизнес-процессов и определить особенности ее осуществления на агропромышленных предприятиях;

2. систематизировать методологии и инструменты моделирования бизнес-процессов, применяемые в условиях цифровой трансформации;

3. обобщить международный опыт цифровой трансформации агропромышленных предприятий и определить возможности адаптации соответствующих подходов к условиям Республики Казахстан;

4. выявить и эмпирически оценить факторы цифровой трансформации агропромышленных предприятий Казахстана на основе количественных и качественных методов исследования;

5. разработать методологию моделирования бизнес-процессов, обеспечивающую переход от диагностики их текущего состояния к проектированию и количественной оценке целевых цифровых преобразований;

6. апробировать разработанную методологию посредством построения моделей AS-IS и TO-BE и проведения имитационного моделирования производственных бизнес-процессов агропромышленного предприятия;

7. разработать концептуальную модель и организационно-экономический механизм цифровой трансформации агропромышленных предприятий Республики Казахстан, а также сформировать практические рекомендации и дорожную карту их реализации.

Объектом исследования являются бизнес-процессы агропромышленных предприятий в условиях цифровой трансформации.

Предмет исследования составляют организационно-экономические отношения, методы, модели и механизмы цифровой трансформации бизнес-процессов агропромышленных предприятий.

Методологическую основу исследования составили системный и процессный подходы, методы сравнительного, структурно-функционального и статистического анализа, количественные и качественные методы исследования, регрессионный анализ, экспертная оценка, сценарный анализ, моделирование бизнес-процессов, AS-IS/TO-BE-анализ и дискретно-событийное имитационное моделирование. Для

формализации бизнес-процессов использованы методологии SADT, BPMN и ARIS, а также возможности программного комплекса Business Studio.

Информационно-эмпирическую базу исследования составили научные публикации отечественных и зарубежных авторов, материалы международных организаций, результаты изучения практик цифровой трансформации аграрного сектора Российской Федерации, стран Восточной Европы и Республики Корея, данные авторского количественного и качественного исследования агропромышленных предприятий Республики Казахстан, а также материалы обследования и моделирования бизнес-процессов ТОО «КТК-888».

Научная новизна исследования заключается в развитии процессно-ориентированного подхода к цифровой трансформации агропромышленных предприятий, в рамках которого цифровые технологии рассматриваются не как самостоятельная цель, а как средство преобразования параметров и конфигурации бизнес-процессов. Разработана последовательность, объединяющая диагностику процессов, выявление ограничений, проектирование целевого состояния и предварительную количественную оценку предполагаемых результатов. Эмпирически исследованы факторы трансформации бизнес-моделей агропромышленных предприятий Казахстана. Предложены концептуальная модель и организационно-экономический механизм, объединяющие технологические, процессные, организационные и экономические составляющие цифровой трансформации.

Практическая значимость результатов определяется возможностью применения предложенных методических положений агропромышленными предприятиями для диагностики бизнес-процессов, определения приоритетных направлений цифровизации, разработки моделей целевого состояния и предварительной оценки результатов планируемых преобразований. Методология моделирования предусматривает итерационную проверку решений: если имитационный эксперимент не подтверждает ожидаемого улучшения или выявляет новые ограничения, параметры модели ТО-ВЕ корректируются, после чего проводится повторное тестирование. Разработанные организационно-экономический механизм и дорожная карта могут использоваться при формировании программ цифровой трансформации предприятий АПК с учетом их специализации, исходного уровня цифровой зрелости и ресурсных возможностей.

Структура монографии обусловлена поставленной целью и логикой решения исследовательских задач.

В первой главе раскрыты теоретические основы цифровой трансформации бизнес-процессов агропромышленных предприятий, рассмотрены сущность, содержание и классификация бизнес-процессов, а также обоснована их роль как объекта цифровых преобразований.

Во второй главе систематизированы методология и инструментарий моделирования бизнес-процессов. Рассмотрены подходы SADT, BPMN и ARIS, а также современные программные средства, применяемые для описания, анализа и проектирования процессов.

В третьей главе исследован международный опыт цифровой трансформации агропромышленных предприятий Российской Федерации, стран Восточной Европы и Республики Корея. Проведена сравнительная оценка изученных практик и определены направления их адаптации к условиям агропромышленного комплекса Республики Казахстан.

Четвертая глава посвящена эмпирическому исследованию факторов цифровой трансформации агропромышленных предприятий Казахстана. В ней представлены методика исследования, результаты количественного анализа и интервью, а также их интегрированная интерпретация.

В пятой главе разработана и апробирована методология бизнес-моделирования цифровой трансформации агропромышленных предприятий. Представлены модели AS-IS и TO-BE, цифровая процессная модель исследуемого предприятия и результаты стендового тестирования разработанных решений.

В шестой главе предложены концептуальная модель и организационно-экономический механизм цифровой трансформации агропромышленных предприятий Республики Казахстан, сформулированы практические рекомендации и разработана дорожная карта реализации цифровых преобразований.

Таким образом, логика монографии предусматривает последовательный переход от теоретического осмысления бизнес-процессов и изучения инструментария их моделирования к анализу международного опыта, эмпирической оценке факторов цифровой трансформации, апробации процессных моделей и разработке механизма практической реализации цифровых преобразований в агропромышленном комплексе Республики Казахстан.

Монография подготовлена в рамках реализации проекта грантового финансирования научных и (или) научно-технических проектов AP23489500 «Разработка комплекса моделей цифровой трансформации агропромышленных предприятий с учетом адаптации бизнес-процессов к изменяющимся требованиям потребителей и мировой экономической конъюнктуры».

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ БИЗНЕС–ПРОЦЕССОВ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

1.1. Сущность и содержание бизнес-процессов предприятия

В последние десятилетия (начиная с 1980-х гг.) важную роль в управлении предприятием (организацией) стал играть процессный подход, который рассматривает любой вид деятельности как совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих процессов (бизнес процессов). Согласно Международному стандарту ISO 9000:2000, **процессом** называется «совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих видов деятельности, которые преобразуют входы в выходы», а также «любая деятельность или совокупность видов деятельности, которые используют ресурсы для преобразования входов в выходы».

Бизнес-процесс - это совокупность взаимодействующих организационных единиц (звеньев), осуществляющих различные виды деятельности, подчиненные достижению единой общей цели, которой зачастую является производство продукции или услуг, которые востребованы на рынке, т. е. могут быть на нем реализованы. Бизнес-процесс можно определить как логически завершенную цепочку взаимосвязанных и повторяющихся видов деятельности, в результате которых ресурсы предприятия используются для переработки объекта (физически или виртуально) с целью достижения определенных измеримых результатов или создания продукции для удовлетворения внутренних или внешних потребителей.

Процессный подход состоит в рассмотрении любого предприятия как системы, обладающей набором бизнес-процессов. Построить рациональную систему управления предприятием (организацией) можно, только однозначно определив бизнес-процессы, составляющие функционирование предприятия.

В цепочку обычно входят операции, которые выполняются по определенным бизнес правилам. Под бизнес-правилами понимают способы реализации бизнес-функций в рамках бизнес-процесса, а также характеристики и условия выполнения бизнес-процесса. В качестве клиента бизнес-процесса может выступать другой бизнес-процесс.

Составляющие бизнес-процесс действия могут выполняться людьми (вручную или с применением компьютерных средств или механизмов) или быть полностью автоматизированы. Порядок выполнения действий и эффективность работы того, кто выполняет действие, определяют общую эффективность бизнес-процесса. Задачей каждого предприятия, стремящегося к совершенствованию своей деятельности, является эффективная организация бизнес процессов, которые бы включали только действительно необходимые и рациональные действия. Это увеличивает

производительность труда, снижает издержки производства, ведет к повышению конкурентоспособности продукции (услуг) предприятия и росту экономической эффективности.

Обеспечить прозрачность цепочки бизнес-процессов важно потому, что только в этом случае сотрудник компании, управляющий ходом бизнес-процесса и несущий ответственность за его результаты и эффективность, бизнес-аналитик, руководство предприятия будут иметь ясное представление о том, как организована работа. Понимание хода существующих бизнес-процессов дает возможность судить об их эффективности и качестве и необходимо для разработки, поддерживающей бизнес ИТ-инфраструктуры. Успешная разработка прикладных систем, обеспечивающих поддержку выполнения бизнес-процессов от начала до конца, возможна лишь тогда, когда сами процессы детально ясны и структурированы.

Измерение и анализ показателей бизнес-процесса являются важнейшими средствами, позволяющими находить пути совершенствования их организации. Процесс могут характеризовать несколько групп показателей (рис. 1.1):

- показатели процесса;
- показатели продукта процесса;
- показатели удовлетворенности клиентов процесса.



Рис. 1.1 - Классификация показателей бизнес-процесса

Показатели процесса могут быть определены как числовые величины, характеризующие течение самого процесса и затраты на него (временные, финансовые, ресурсные, человеческие и т. д.). Показатели могут быть абсолютными и относительными (приведенными к объему услуг, сезонным колебаниям, тарифным изменениям и другим внешним факторам, не зависящим от управления проверяемым процессом).

Показатели продукта (услуги) - числовые величины, характеризующие продукт (услугу) как результат выполнения процесса.

Показатели удовлетворенности клиентов процесса - числовые величины, характеризующие степень удовлетворенности потребителя результатами процесса (выходом, услугой и т. д.).

Количественные показатели процесса разбиты на две группы: абсолютные и относительные. К абсолютным относятся показатели: времени выполнения процесса, технические показатели, показатели стоимости и качества. Они могут рассчитываться на основе абсолютных путем формирования различных отношений между ними.

К первой группе относятся показатели времени выполнения процесса:

- среднее время выполнения процесса в целом;
- среднее время простоев;
- среднее время выполнения отдельных функций процесса;
- прочие.

К техническим следует отнести те показатели, которые характеризуют технологию выполнения процесса, используемое оборудование, программное обеспечение, среду и т. д. Очевидно, что технические показатели будут различны для процессов предприятий разных отраслей. В то же время можно выделить несколько показателей, которые измеримы для любого процесса:

- количество функций процесса, выполняемых на рабочих местах;
- численность персонала процесса, в том числе руководителей и специалистов;
- количество транзакций за период;
- количество автоматизированных рабочих мест;
- прочие.

Показатели стоимости процесса являются одной из важнейших групп показателей.

Показатели стоимости можно разделить на несколько групп: стоимость процесса в целом; показатели стоимости процесса; затраты на оплату труда исполнителей; амортизация оборудования и нематериальных активов; затраты на тепло- и энергоносители; затраты на связь; затраты на получение информации; затраты на повышение квалификации исполнителей; показатели стоимости продуктов процесса: стоимость сырья и материалов; прочие затраты.

Показатели качества также являются важнейшей группой показателей, характеризующих процесс. Ключевым аспектом определения качества процесса является ориентация на потребителя. Искусственно созданные, оторванные от потребностей клиента показатели качества процесса не могут служить инструментом для реальных улучшений.

К показателям качества процесса можно отнести следующие: степень дефектности продукции процесса; количество возвратов рекламаций на продукцию процесса; количество жалоб и рекламаций на качество обслуживания, поступивших от клиентов; количество некомплектных (не соответствующих спецификациям) отгрузок; сохранность готовой продукции; количество внештатных ситуаций, потребовавших оперативного вмешательства руководства верхнего уровня; способность процесса быстро адаптироваться к изменяющимся требованиям заказчика; способность процесса сохранять свои параметры при изменении внешних условий (стабильность процесса, минимальные вариации); независимость процесса от изменений в части персонала; управляемость процесса; способность процесса к улучшениям.

Разработка эффективно работающей системы показателей процесса необходима для создания точной и адекватной модели бизнес-процессов. Каждое предприятие должно в индивидуальном порядке создавать такую систему с учетом специфики своих процессов. Следует отметить, что система показателей процесса должна развиваться вместе с конкретным процессом: по мере его улучшения следует использовать все более сложные показатели, которые найдут свое отражение в модели бизнес-процессов предприятия в целом.

Моделью бизнес-процесса называется его формализованное (графическое, табличное, текстовое, символьное) описание, отражающее реально существующую или предполагаемую деятельность предприятия. Модель, как правило, содержит следующие сведения о бизнес-процессе:

- набор составляющих процесс шагов — бизнес-функций;
- порядок выполнения бизнес-функций;
- механизмы контроля и управления в рамках бизнес-процесса;
- исполнители каждой бизнес-функции;
- входящие документы/информация, исходящие документы/информация;
- ресурсы, необходимые для выполнения каждой бизнес-функции;
- документация/условия, регламентирующие выполнение каждой бизнес-функции;
- параметры, характеризующие выполнение бизнес-функций и процесса в целом.

Описание бизнес-процессов проводится с целью их документирования, анализа, проектирования или реорганизации. В общем

случае модель бизнес-процесса должна давать ответы на следующие вопросы:

- какие функции (работы, операции) и в какой последовательности необходимо выполнить для получения заданного конечного результата;
- кто выполняет функции процесса;
- как происходит взаимодействие исполнителей при выполнении этих функций;
- какие механизмы управления существуют в рамках рассматриваемого бизнес процесса;
- какие входящие документы (информацию) использует каждая функция процесса;
- какие исходящие документы (информацию) генерирует каждая функция процесса;
- какие ресурсы необходимы для выполнения каждой функции процесса; какая документация регламентирует выполнение каждой функции; какие параметры характеризуют выполнение каждой функции в отдельности и процесса в целом.

Описание бизнес-процессов проводится с целью их дальнейшего анализа и улучшения. Рассмотрим основные понятия, характеризующие бизнес-процесс.

Владелец процесса - это должностное лицо или коллегиальный орган управления, имеющий в своем распоряжении ресурсы, необходимые для выполнения процесса, и несущий ответственность за результат процесса.

Выход (продукт) - материальный или информационный объект, или услуга, являющиеся результатом выполнения процесса и потребляемые внешними по отношению к процессу клиентами.

Вход бизнес-процесса - объект, который в ходе выполнения процесса преобразуется в выход.

Ресурс бизнес-процесса - материальные или информационные объекты, необходимые для выполнения процесса, например, персонал, оборудование, инфраструктура и др.

На рисунке 1.2 показана концептуальная схема управления процессом, иллюстрирующая вышеперечисленные понятия.

Моделирование бизнес-процессов позволяет проанализировать не только как работает предприятие в целом, как оно взаимодействует с внешними организациями, заказчиками и поставщиками, но и как организована деятельность на каждом отдельно взятом подразделении, участке, рабочем месте.

В целом бизнес-моделирование характеризуют как деятельность по выявлению, описанию, анализу существующих бизнес-процессов, а также проектированию новых бизнес процессов.

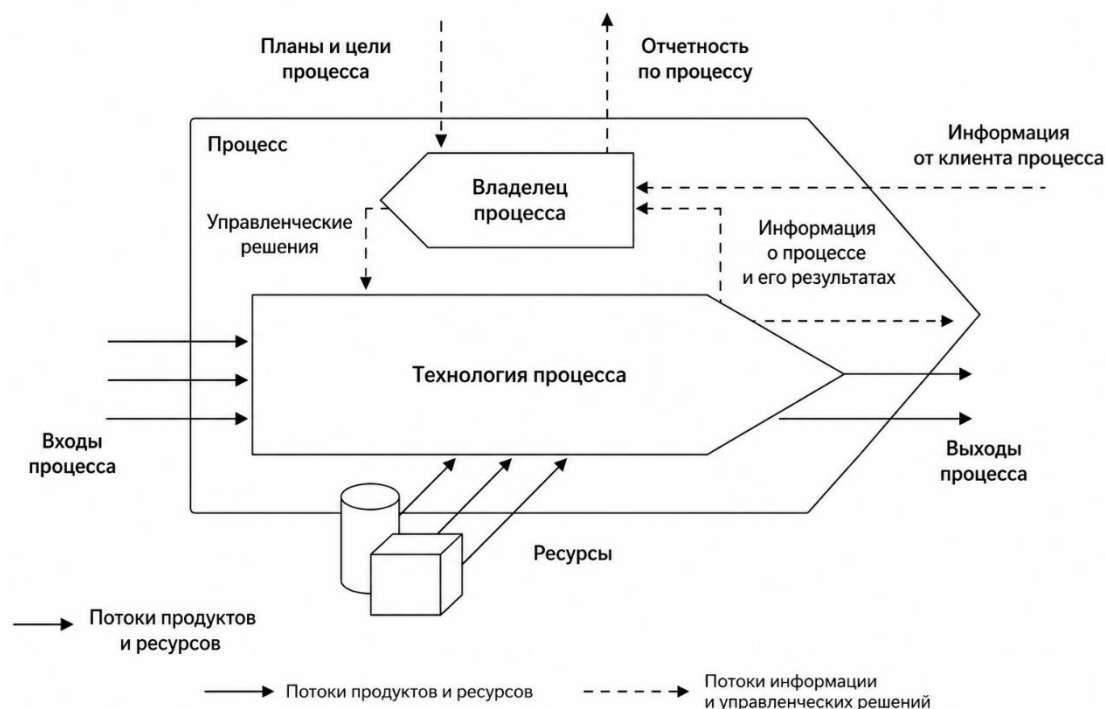


Рис. 1.2 - Концептуальная модель управления процессом [6]

Цели моделирования бизнес-процессов обычно формулируются следующим образом:

- обеспечить понимание структуры организации и динамики происходящих в ней процессов;
- выявить текущие проблемы организации и возможности их решения;
- убедиться, что заказчики, пользователи и разработчики одинаково понимают цели и задачи организации;
- создать базу для формирования требований к ПО, автоматизирующему бизнес процессы организации (требования к ПО формируются на основе бизнес-модели).

1.2. Классификация и система типовых бизнес-процессов агропромышленных предприятий

Совокупность бизнес-процессов компании определяется ее миссией. Рассматривая предприятие как целостную, открытую, социально-экономическую систему, принадлежащую иерархической совокупности открытых внешних надсистем (рынок, государственные учреждения и пр.) и внутренних подсистем (отделы, цеха, бригады и пр.), необходимо отметить, что миссия компании заключается в удовлетворении социально-значимых потребностей рынка, определяется как компромисс интересов рынка и компании.

Определение миссии позволяет сформировать дерево целей компании - иерархические списки уточнения и детализации миссии. Совокупность бизнес-стратегий определяет продуктовые и конкурентные стратегии, а также стратегии сегментации и продвижения. Ресурсные стратегии определяют стратегии привлечения материальных, финансовых, человеческих и информационных ресурсов. Функциональные стратегии определяют стратегии в организации компонентов управления и этапов жизненного цикла продукции, которые позволят наилучшим образом достичь поставленных целей. Это дает возможность сформировать бизнес-потенциал компании - набор видов коммерческой деятельности, направленный на удовлетворение потребностей конкретных сегментов рынка.

Бизнес-потенциал, в свою очередь, определяет функционал компании — перечень бизнес-функций, функций менеджмента и функций обеспечения, требуемых для поддержания на регулярной основе указанных видов коммерческой деятельности. Кроме того, уточняются необходимые для этого ресурсы (материальные, человеческие, информационные) и структура компании.

Дальнейшее развитие (детализация) бизнес-модели происходит на этапе динамического описания компании на уровне процессных потоковых моделей. Процессные потоковые модели — это модели, описывающие процесс последовательного во времени преобразования материальных и информационных потоков компании в ходе реализации какой-либо бизнес-функции или функции менеджмента.

Бизнес-процессы могут быть разделены на различные типы в зависимости от характера деятельности и создаваемого продукта. В зависимости от используемых подходов и признаков классификации (продуктовый, отраслевой, организационный, по управленческому циклу и др.) можно выделить следующие группы бизнес-процессов (рис. 1.3).

Основные бизнес-процессы — бизнес-процессы, которые непосредственно ориентированы на производство продукции; представляют ценность для компании и обеспечивают получение дохода для предприятия. К основным процессам организации, как правило, относят процессы производства, сбыта и снабжения.

Обеспечивающие, или вспомогательные, бизнес-процессы — бизнес-процессы, которые предназначены для обеспечения выполнения основных процессов. Фактически обеспечивающие бизнес-процессы снабжают ресурсами всю деятельность организации. Вспомогательные процессы напрямую не добавляют стоимости и являются по своей сути затратными. Примерами вспомогательных процессов являются подготовка кадров, сервисное обслуживание оборудования, инфокоммуникационное обеспечение, финансовое и бухгалтерское обеспечение деятельности организации и др.



Рис. 1.3 Классификация бизнес процессов

Бизнес-процессы управления - бизнес-процессы, охватывающие весь комплекс функций управления на уровне текущих действий и бизнес-системы в целом.

Бизнес-процессы развития - процессы совершенствования, освоения новых направлений и технологий, а также инновации. Согласно рекомендациям многих источников по процессному подходу, в каждой организации должны быть выделены процессы управления, планирования, улучшения, коммуникации и т. д.

Типовые бизнес-процессы на предприятии АПК

Ведущее место в агропромышленном комплексе занимает сельское хозяйство, так как играет огромную роль в жизни общества и является основополагающей для развития АПК. Сельское хозяйство, а именно его основные отрасли, растениеводство, животноводство и перерабатывающая отрасль производят подавляющее большинство продуктов питания и сырья для многих промышленных отраслей.

Бизнес-функции подразделений сельскохозяйственного предприятия, как и любого хозяйствующего субъекта экономики, рассматриваются в рамках следующих функциональных областей:

1. производство;
2. сбыт/продажи;
3. снабжение/закупки;
4. управление качеством;
5. бухгалтерский учет, финансы;
6. управление персоналом;
7. корпоративное управление;
8. планирование и прочее.

К основным бизнес-процессам предприятий агропромышленного комплекса относятся (рис. 1.4):

- производственные процессы – выращивание сельскохозяйственных культур, разведение сельскохозяйственных животных, птицеводство, пчеловодство, рыболовство и рыбоводство, оказание вспомогательных услуг в области растениеводства и животноводства, лесное хозяйство и лесозаготовки, а также другие виды деятельности, предусмотренные Общим классификатором видов экономической деятельности Республики Казахстан (ОКЭД НК РК 03-2019);

- материально-техническое обеспечение деятельности организации - планирование и приобретение необходимых ресурсов (выбор и сертификация поставщиков;

- покупка средств производства сельскохозяйственной техники и орудий; управление запасами, доставка, организация хранения и др.;

- управление коммерческой деятельностью предприятия — управление процессом продаж и закупок, ценообразование, рекламная деятельность, управление процессом закупок, мониторинг поставок и др.

К обеспечивающим, или вспомогательным, бизнес-процессам относят:

- поддержание инфраструктуры компании - управление финансовыми ресурсами, управление денежными потоками, управление структурой капитала, управление финансовыми рисками, обработка финансовых и бухгалтерских операций, проведение внутреннего аудита, управление налогами, управление ресурсами, управление внешними связями: с собственниками, государственными органами управления, кредиторами, местным населением, инвесторами, партнерами и др.;

- инженерно-техническое обеспечение - содержание зданий, производственных помещений, техники и т. п.;

- информационное обеспечение - планирование управления информационными ресурсами, управление хранением и получением информации: создание информационных баз данных, получение и сбор информации, хранение информации, модификация и обновление информации, обеспечение возможности получения информации, управление информационными ресурсами и операциями, управление информационными услугами;

- управление персоналом - создание и управление стратегией человеческих ресурсов, анализ и планирование уровня производства;
- управление финансами - учет наличия и движения денежных средств в кассах и на банковских счетах предприятия, формирование кассовых и банковских документов, анализ финансовых потоков по видам поступлений и платежей, создание проводок по платежным документам, подготовка отчетов по кассовым и банковским операциям и др.;
- учетные функции - учет основных и оборотных средств, учет материальных ценностей, расчетные операции, получение субсидий и др.



Рис. 1.4 Классификация бизнес-процессов предприятия (фрагмент)

К бизнес-процессам управления и развития относят: стратегическое, тактическое, оперативное управление, разработка структуры сельскохозяйственной организации и отношений между структурными подразделениями; разработка и установление целей, разработка принципов деятельности (политика взаимоотношений с партнерами, клиентами), бизнес планирование.

К управлению качеством относятся оценка показателей деятельности компании: создание системы оценки, внедрение систем контроля качества и безопасности производимой продукции и сырья, сравнение с конкурентами и другими компаниями (бенчмаркинг), улучшение процессов и систем: внедрение постоянного процесса улучшений, мониторинг процессов и систем, реинжиниринг бизнес-процессов.

Совокупность процессов, составляющих бизнес-модель сельскохозяйственного предприятия можно представить следующим образом.

1. Производственные процессы различных подотраслей сельскохозяйственного предприятия. Например:

- производство зерновых культур можно представить следующим образом: внесение удобрений (весной), основная обработка почвы, посев, подкормка, обработка средствами защиты растений, уборка, послеуборочная обработка продукции (подробная на зерноочистительных сушильных пунктах), хранение;

- производство пропашных культур: поверхностная обработка почвы осенью (лущение), внесение минеральных удобрений, внесение органических удобрений (весной), основная обработка почвы, поверхностная обработка почвы, посадка, культивация (несколько раз в течение вегетационного периода), основная обработка почвы, посев, обработка средствами защиты растений (несколько раз в течение вегетационного периода), кошение ботвы, уборка, сортировка (подготовка к хранению), хранение;

- молочное скотоводство: доение и первичная обработка молока, приготовление и раздача кормов, поение, содержание животных, уборка помещений и удаление навоза, обеспечение оптимального микроклимата, воспроизводство стада и зооветеринарное обслуживание животных, приемка и подготовка сырья, тепловая обработка (пастеризация), охлаждение до температуры заквашивания, заквашивание молока, сквашивание молока в резервуарах, охлаждение, внесение наполнителей, созревание, розлив в тару, хранение;

- свиноводство и птицеводство: приготовление и раздача кормов, поение, содержание животных, уборка помещений и удаление навоза, обеспечение оптимального микроклимата, воспроизводство стада и зооветеринарное обслуживание животных, первичная переработка скота (забой и обескровливание животных, извлечение внутренних органов, разделение туш на полутуши, охлаждение полутуш), производство колбасных изделий и мясокостных полуфабрикатов (взвешивание, зачистка туши, дифференцированная обвалка, распиловка кости на порции, посол мяса, копченостей, приготовление фарша, формовка батонов, варка копченостей, вязка колбас, копченостей, навешивание на рамы, обжарка, копчение, варка, охлаждение колбас), хранение.

2. Сбыт продукции (сырья): формирование предпочтений потребителей и стимулирование их к покупкам (реклама), налаживание контактов и заключение договоров с покупателями, обеспечение взаимовыгодных сделок, хранение и подготовка готовой продукции к продаже, отгрузка (поставка) продукции (нулевой или одноуровневый канал распределения продукции).

3. Снабжение/закупки: управление закупками обеспечивает автоматизацию бизнес процессов, связанных с определением потребностей в товарах и материалах, выбором поставщиков, созданием заказов на закупку с привязкой их к заказу на продажу либо к внутренней заявке, планированием поступления товаров и т. д.

4. Управление качеством продукции: обеспечение поддержания количественных характеристик одного или нескольких свойств продукции, составляющих ее качество, в процессе всего жизненного цикла за счет разработки и внедрения системы менеджмента качества и мониторинга процессов производства.

5. Бухгалтерский учет, финансы: выполнение учетных операций по банку и кассе, учет основных средств и нематериальных активов, учет производства продукции, учет расчетов с бюджетом, учет расчетов по зарплате.

6. Управление персоналом: оформление приема, перевода и увольнения работников в соответствии с трудовым законодательством РК, учет личного состава, систематическая подготовка и переподготовка работников, организация контроля за состоянием трудовой дисциплины и правил внутреннего трудового распорядка.

7. Корпоративное управление: управление операционной деятельностью, управление финансами и экономикой, управление персоналом.

8. Планирование: разработка системы экономических показателей. Организация статистической отчетности, учет и анализ результатов производственно-хозяйственной деятельности, расчет показателей экономической эффективности, разработка плана производства по номенклатуре на год, квартал, месяц и т. д.

1.3 Бизнес-процессы как объект цифровой трансформации агропромышленных предприятий

В современной научной литературе цифровая трансформация рассматривается уже не как локальное внедрение программных продуктов, а как комплексное изменение логики функционирования предприятия, затрагивающее его бизнес-модель, организационную структуру, управленческие механизмы, систему показателей и способы создания ценности. В этой связи принципиально важно различать digitization как перевод данных в цифровую форму, digitalization как изменение отдельных видов деятельности за счет цифровых технологий и digital transformation как более глубокое организационное преобразование, происходящее на уровне всей компании. Именно поэтому цифровая трансформация не сводится к автоматизации отдельных операций: она меняет не только

инструменты работы, но и сами основания, по которым выстраиваются процессы, распределяются роли и принимаются решения [1; 2].

Для процессно-ориентированных исследований это означает смещение акцента с технологий как таковых на процессы, в рамках которых эти технологии создают эффект. Систематические обзоры по Business Process Management показывают, что в цифровую эпоху BPM связывается прежде всего с созданием ценности, повышением процессной гибкости, развитием механизмов управления, стратегическим процессным менеджментом и интеграцией информационных систем. Иными словами, современная цифровая повестка описывается через преобразование бизнес-процессов, а не через простой перечень используемых ИТ-решений [3; 4].

С этой точки зрения цифровую трансформацию можно рассматривать как новый этап развития процессного подхода. Если ранние концепции были сосредоточены на описании и оптимизации процессов, то современные исследования подчеркивают необходимость их постоянного переосмысления в условиях платформизации, использования данных в реальном времени, алгоритмической поддержки решений и интеграции физических операций с цифровой средой. Такой поворот особенно заметен в работах, посвященных промышленному интернету вещей: они показывают, что улучшение процессов требует системного выявления, спецификации и внедрения цифровых приложений, встроенных непосредственно в выполнение бизнес-процесса [1; 3; 5].

Бизнес-процессы как ядро преобразований

Центральное положение бизнес-процессов в цифровой трансформации объясняется тем, что именно через них предприятие преобразует ресурсы во внутренние и внешние результаты. Процессы соединяют материальные потоки, труд, информацию и управленческие воздействия; они определяют, как формируется продукция, как обеспечивается ее качество, как координируются подразделения и как организация реагирует на изменения внешней среды. Поэтому изменение предприятия в цифровой среде неизбежно принимает форму изменения его процессов: пересматриваются последовательность операций, точки контроля, роли исполнителей, каналы передачи данных, регламенты принятия решений и показатели результативности [1; 4].

Современные обзоры BPM подтверждают, что цифровые инновации и управление бизнес-процессами находятся в отношениях взаимного усиления. С одной стороны, BPM дает язык и архитектурную рамку для анализа и реконфигурации деятельности организации. С другой стороны, цифровые инновации наполняют процессы новыми источниками данных, новыми способами координации и новыми возможностями автоматизированного исполнения. В результате процесс перестает быть лишь объектом регламентации и становится объектом непрерывного цифрового мониторинга, аналитики и адаптации [3; 4].

Для предприятий это означает переход от фрагментарных улучшений к сквозному преобразованию цепочек создания ценности. На практике цифровая трансформация процессов проявляется в интеграции операционных и управленческих данных, в сокращении ручного ввода и дублирования информации, в появлении цифровых следов каждой операции, в возможности прогнозирования отклонений и в перенастройке процессов на основе фактических данных. Исследования по IoT и процессному улучшению подчеркивают, что цифровой эффект возникает не в момент установки датчика, платформы или ERP-модуля, а тогда, когда технология встраивается в логику процесса и меняет его выполнение, контроль и управление [5].

Именно поэтому в современной трактовке объектом цифровой трансформации следует считать не «предприятие вообще», а систему его бизнес-процессов. Такая постановка особенно важна для агропромышленных предприятий, где технологические, организационные и биологические компоненты тесно переплетены. В аграрном секторе трудно отделить производственную операцию от информационного обмена и управленческого воздействия: решение по кормлению, поливу, внесению удобрений, ветеринарному осмотру или логистике одновременно является и производственным действием, и актом обработки данных, и управленческим выбором [6; 7].

Аграрная специфика цифровой трансформации процессов

Для агропромышленных предприятий цифровая трансформация имеет ярко выраженную процессную природу еще и потому, что сама Agriculture 4.0 понимается в литературе как оптимизация всей производственной цепочки на основе совокупности новых технологий, охватывающих все стадии аграрного производства. В систематическом обзоре, подготовленном по материалам отечественной и зарубежной научной литературы, подчеркивается, что Agriculture 4.0 ориентирована не на изолированные технологические новинки, а на преобразование полного цикла производства, обработки, обращения и потребления сельскохозяйственной продукции. Авторы также показывают (рис. 1.5), что барьеры такого преобразования лежат не только в технике, но и в экономических, социальных, институциональных и экологических ограничениях, то есть в факторах, непосредственно влияющих на организацию процессов [7].

Эта логика подтверждается и исследованиями, посвященными практическим эффектам цифровых аграрных технологий. В обзорной работе по цифровым технологиям в растениеводстве показано, что наибольший результат дают не отдельные устройства сами по себе, а комплексы решений, встроенные в процесс управления полем, ресурсами и агрономическими операциями. Так, системы управления хозяйством и производственными данными (FMIS) обеспечивают рост урожайности на

10–15 % при одновременном снижении трудовых и входных затрат, тогда как технологии точного внесения уменьшают расход удобрений и пестицидов и повышают экологическую устойчивость производства. Следовательно, цифровая трансформация в АПК имеет смысл прежде всего, как изменение процессов планирования, учета, контроля и оперативного регулирования, а не как простой рост оснащенности техникой [12].



Рис. 1.5 - Факторы цифровой трансформации бизнес-процессов агропромышленных предприятий

Особенность аграрной сферы состоит и в том, что цифровая трансформация здесь происходит в условиях пространственной рассредоточенности объектов, сильной зависимости от природной среды, биологической изменчивости и различной скорости протекания операций. Отсюда возникает высокая требовательность к качеству информации и синхронизации данных между технологическими и управленческими контурами. В обзоре по распространению цифровых аграрных технологий подчеркивается, что для понимания трансформации недостаточно изучать только характеристики фермы и ее руководителя; необходимо учитывать свойства технологий, сетевые взаимодействия, институциональную среду

и психологические факторы. Это особенно важно для предприятий АПК, где эффект цифровизации определяется не одной покупкой оборудования, а способностью встроить его в устойчивую систему производственных и управленческих процессов [6].

Исследования по внедрению smart farming technologies также показывают, что цифровой переход в сельском хозяйстве нельзя интерпретировать как разовое бинарное решение «внедрил/не внедрил». Процесс имеет как минимум две фазы: формирование намерения использовать технологию и последующее фактическое принятие решения о внедрении. При этом на ранней стадии важны ожидаемая полезность, социальное влияние и доступ к знаниям, а на стадии фактического внедрения — характеристики самого хозяйства, его размер, специализация и степень интеграции в цепочку поставок. Следовательно, цифровая трансформация агропредприятия должна анализироваться как поэтапное изменение процессов, в котором цифровые инструменты закрепляются лишь тогда, когда они встраиваются в сложившуюся организационную и производственную структуру [8].

Ограничения и предпосылки трансформации

Эмпирические данные по европейским сельскохозяйственным регионам подтверждают неравномерность цифровой зрелости аграрных предприятий. На материале Баварии показано, что в маломасштабном сельском хозяйстве наиболее распространенными являются сравнительно простые и доступные решения — коммуникационные платформы, прогнозные приложения, цифровые полевые журналы, системы автоматического вождения и отдельные элементы автоматизации животноводства. Более сложные решения распространяются медленнее, а их adoption rates часто остаются в пределах низких двузначных значений. Авторы делают важный для теории вывод: цифровизация аграрного предприятия развивается последовательными шагами, где «входные» технологии формируют основу для последующего наращивания цифровых функций. Это еще раз подтверждает необходимость рассматривать бизнес-процессы как основной объект трансформации: именно в процессах происходит накопление цифровой зрелости [9].

Для животноводческих предприятий особое значение имеет проблема потоков данных. На примере молочного скотоводства в Германии показано, что успех цифровизации зависит от организационной адаптации, обусловленной спецификой движения данных по цепочке создания стоимости. Иначе говоря, цифровые решения оказываются эффективными не тогда, когда на ферме появляется еще один источник данных, а тогда, когда предприятие выстраивает новые правила их обработки, обмена и использования в управлении. Это положение имеет принципиальное значение для агропромышленных предприятий постсоветского пространства, где разрывы между производственным учетом,

бухгалтерией, зоотехническими и агрономическими службами по-прежнему остаются одним из главных ограничений развития [10].

Не менее важным ограничением выступают факторы доверия, собственности на данные, приватности и интероперабельности. Систематический обзор драйверов и барьеров обмена аграрными данными показывает, что готовность к data sharing зависит от ожидаемого прироста знаний, повышения качества решений и сотрудничества по цепочке создания стоимости, но серьезно сдерживается опасениями по поводу суверенитета данных, информационной безопасности и неясности прав на использование информации. При этом другой обзор подчеркивает, что к числу наиболее значимых факторов перехода к Digital Agriculture относятся экономическое положение, доступность инфраструктуры, технические знания, возраст и тип организации, а также надежность технологии и concerns about security and privacy. Все это означает, что цифровая трансформация агропредприятия затрагивает не только технологический, но и институциональный контур бизнес-процессов [11; 13].

Таким образом, бизнес-процессы агропромышленных предприятий выступают объектом цифровой трансформации потому, что именно они связывают материальные, биологические, информационные и управленческие компоненты аграрного производства в единую систему создания ценности. Цифровые технологии изменяют не только технику выполнения отдельных операций, но и саму конфигурацию процессов: делают их более прозрачными, измеримыми, интегрированными и управляемыми на основе данных. Однако достигается это лишь при условии организационного перепроектирования, устранения информационных разрывов, согласования ролей участников процесса и выстраивания новых механизмов координации между подразделениями и внешними контрагентами [3; 5; 6; 10].

В условиях цифровой трансформации объектом анализа становится не отдельная технология и не только организационная структура предприятия, а целостная система его бизнес-процессов — производственных, обеспечивающих, управленческих и процессов развития. Именно процессы позволяют выявить, где возникает ценность, где формируются потери, как циркулируют данные и в каких точках цифровые решения действительно создают экономический эффект.

Выводы по главе 1

Проведенное исследование теоретико-методологических основ цифровой трансформации агропромышленных предприятий позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Бизнес-процесс является базовым объектом исследования цифровой трансформации предприятия. Процессный подход позволяет

представить деятельность агропромышленного предприятия как систему взаимосвязанных основных, обеспечивающих и управленческих процессов, объединяющих операции, ресурсы, участников и информационные потоки. Для агропромышленных предприятий такая постановка особенно значима вследствие тесной взаимосвязи производственных, технологических, организационных и биологических процессов.

2. Цифровая трансформация не тождественна внедрению отдельных цифровых технологий или автоматизации существующих операций. Ее содержание связано с более глубоким изменением способов организации и выполнения бизнес-процессов, распределения функций и ответственности, использования данных и принятия управленческих решений. Поэтому цифровые технологии целесообразно рассматривать не как самостоятельную цель преобразований, а как инструмент изменения бизнес-процессов и повышения их результативности. Такой подход позволяет перейти от фрагментарной цифровизации отдельных операций к системному преобразованию деятельности предприятия.

3. Специфика агропромышленного производства определяет особые требования к цифровой трансформации бизнес-процессов. В аграрном секторе производственные операции непосредственно связаны с информационным обменом и управленческими решениями, а результаты процессов зависят не только от технических и организационных факторов, но и от биологических, природно-климатических, ресурсных и институциональных условий. В связи с этим цифровая трансформация должна охватывать не отдельные технологические решения, а взаимосвязанную совокупность процессов по всей цепочке создания ценности.

4. Моделирование бизнес-процессов выступает необходимым методическим инструментом цифровой трансформации, поскольку обеспечивает формализованное представление структуры процесса, последовательности операций, ресурсов, информационных потоков и взаимодействия участников. Проведенный анализ развития методов моделирования показал переход от преимущественно функционального и структурного описания процессов к интегрированным процессным моделям, ориентированным на анализ, проектирование и последующую цифровую трансформацию. При этом IDEF0, IDEF3, DFD, BPMN, ARIS и современные программные средства моделирования имеют различное функциональное назначение и должны применяться исходя из целей конкретного этапа исследования.

5. Для исследования цифровой трансформации агропромышленных предприятий наиболее обоснованным является сочетание системного и процессного подходов с формализованным моделированием бизнес-процессов. Такое сочетание позволяет рассматривать предприятие как

целостную систему и одновременно детализировать изменения на уровне конкретных процессов и операций. Формализация создает основу для построения моделей текущего и целевого состояния, выявления процессных ограничений и оценки возможных результатов преобразований.

Таким образом, теоретико-методологический анализ позволил сформировать исходную исследовательскую позицию монографии: цифровая трансформация агропромышленного предприятия должна рассматриваться прежде всего как системное преобразование его бизнес-процессов, в котором цифровые технологии выступают средством изменения процессной архитектуры, информационного взаимодействия и механизмов принятия решений. Данное положение формирует теоретическую основу для последующего анализа международных практик цифровой трансформации и определения возможностей их адаптации к условиям агропромышленного сектора Республики Казахстан.

2. МЕТОДОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТАРИЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

2.1 Сущность и виды моделирования и моделей в экономике и управлении

В условиях цифровой трансформации моделирование бизнес-процессов рассматривается как ключевой инструмент анализа, проектирования и совершенствования деятельности предприятий. Термин «модель» происходит от *лат. modulus* — образец, норма, мера.

Моделирование представляет собой один из основных методов познания, является формой отражения действительности и заключается в выяснении или воспроизведении тех или иных свойств реальных объектов, предметов и явлений с помощью других объектов, процессов, явлений либо с помощью абстрактного описания в виде изображения, плана, карты, совокупности уравнений, алгоритмов и программ.

Сущность процесса моделирования заключается в том, что реальная система и ее аналог (модель) рассматриваются как два объекта, между которыми существует однозначное соответствие. Модель представляет собой абстрактное описание системы (объекта, процесса, проблемы, понятия) в некоторой форме, отличной от формы ее реального существования.

Разделение моделирования на виды выполняется для упрощения работы и концентрации внимания на тех или иных характеристиках процесса. Среди множества существующих в науке классификаций принято различать следующие виды моделирования (рис. 2.1).

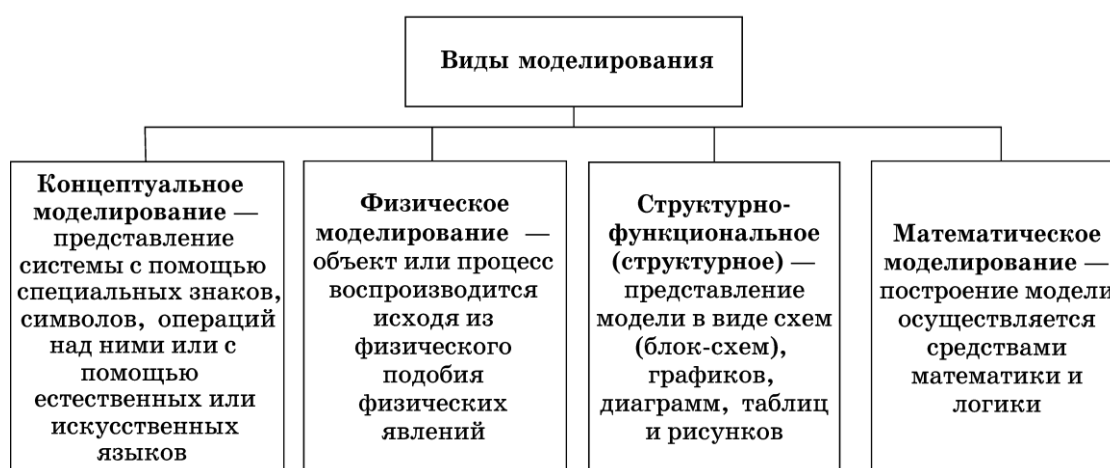


Рис. 2.1 - Классификация моделирования

В зависимости от поставленных задач моделирование имеет различные направленности изучения и степени конкретизации объекта моделирования. На практике нецелесообразно учитывать все характеристики объекта исследования в модели, так как это усложнит моделирование и приведет к избыточному описанию бизнес-процесса.

Исходя из видов моделирования, бизнес-процесс может быть представлен концептуальной, предметной или знаковой моделью. При анализе объекта исследования применяют одну из вышеперечисленных моделей, и при изучении сложных объектов полная модель получается на основе объединения нескольких моделей в соответствии с задачами и критериями анализа.

Все модели обладают рядом общих свойств: отражают наиболее существенные стороны изучаемого объекта, дают информацию о фактическом состоянии моделируемого объекта, а также его предполагаемом поведении.

Следовательно, основное назначение модели — служить средством познания объекта реального мира. В экономике, в том числе и агропромышленном комплексе, наиболее широко применяются математические модели. Это связано со следующими обстоятельствами: а) моделирование бизнес-процессов в АПК требует меньше затрат времени, поскольку за короткий период можно на ПК просчитать различные варианты решений; б) использование ЭММ обходится значительно дешевле, чем если бы были проведены дорогостоящие эксперименты для какого-то реального объекта; в) в математической модели любое явление, процесс, объект могут быть представлены без воздействия внешних факторов, особенно природных, что исключает вероятность получения непредсказуемых результатов.

Математические модели, которые отображают в абстрактной форме поведение, характеристики, взаимосвязи моделируемых объектов, явлений, процессов. Это происходит с помощью совокупности уравнений, неравенств и т. д., т. е. в математической форме.

Моделирование бизнес-процессов применяют для поддержки принятия более адекватных решений по управлению процессами на предприятиях (организациях). Предприятие АПК, как и предприятия других отраслей, представляет собой систему с множеством элементов (подразделений), взаимодействующих друг с другом для достижения основной цели (например, для коммерческих предприятий — получения прибыли). Для выявления наиболее рационального технологического взаимодействия между подразделениями предприятия и его бизнес-процессами используются, в частности, методы структурного (структурно-функционального) моделирования, которые активно применяются для изучения производственных систем.

Моделирование бизнес-процессов позволяет определить характеристики функционирования предприятия как в целом, так и в каждом структурном подразделении и рабочем месте. Моделирование бизнес-процессов предприятия осуществляется не только для описания и анализа состояния объекта исследования в данный момент времени, но и для поиска путей повышения эффективности конкретного предприятия. Для моделирования бизнес процессов используются различные методы и нотации, применение которых подчиняется совокупности правил, характеризующих выбранную методологию моделирования бизнес процессов.

Таким образом, моделирование - это процесс исследования конкретных систем с помощью моделей, а экономико-математическое моделирование - это процесс исследования экономических систем на основе математического аппарата. С одной стороны, модели не отражают абсолютно все свойства изучаемого объекта, которых может быть достаточно много. Для решения практических задач крайне важно поставить конкретную цель и в существенных аспектах обеспечить подобие модели оригиналу. С другой стороны, на не всегда адекватное описание поведения реальной системы влияет недостаточный уровень знаний исследователя.

Одним из наиболее распространенных подходов к исследованию и проектированию бизнес-процессов является структурное моделирование, которое предполагает формализованное описание деятельности организации посредством графических моделей. Основная цель структурного моделирования заключается в представлении предприятия в виде взаимосвязанных процессов, функций, информационных потоков и объектов управления, что обеспечивает возможность их системного анализа, оптимизации и последующей цифровой трансформации.

В отличие от текстового описания, структурные модели позволяют визуализировать взаимосвязи между элементами бизнес-процессов, определить последовательность выполнения операций, распределение функций между участниками процесса, а также выявить избыточные или неэффективные процедуры. Благодаря этому структурное моделирование стало методологической основой большинства современных средств анализа и проектирования бизнес-процессов.

В рамках структурного моделирования сформировалось несколько взаимодополняющих направлений, отличающихся объектом исследования и используемыми нотациями (рис. 2.2).

Как показано на рисунке 2.2, структурное моделирование объединяет три основных направления. Информационное моделирование ориентировано на описание структуры данных и взаимосвязей информационных объектов.

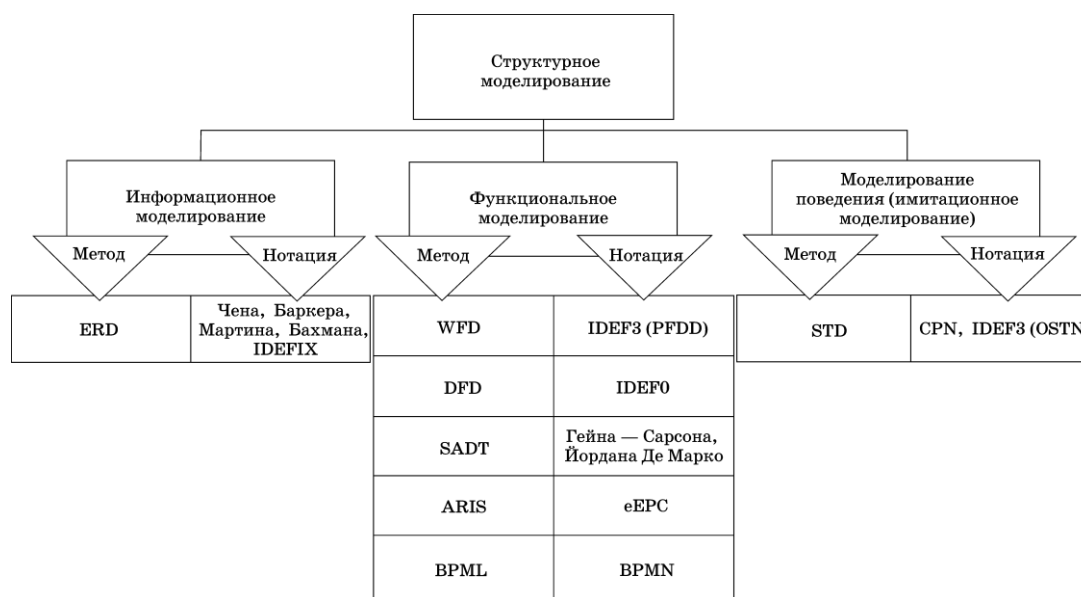


Рис. 2.2 - Методы и нотации структурного моделирования

В рамках каждого направления были разработаны специализированные методы и нотации, которые последовательно совершенствовались по мере развития информационных технологий и процессного подхода к управлению. Наиболее распространенные из них представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Эволюция методологий моделирования бизнес-процессов

Методология	Основное назначение	Особенности применения	Современная область использования
SADT	Структурный анализ и проектирование систем	Основа функционального моделирования	Теоретическая база семейства IDEF
IDEF0	Функциональное моделирование процессов	Отражает входы, выходы, механизмы и управление процессом	Анализ и оптимизация бизнес-процессов, проектирование ЕА
IDEF3	Описание сценариев выполнения процессов	Показывает последовательность операций	Регламентация и анализ технологических процессов
DFD	Моделирование потоков данных	Акцент на движении информации	Проектирование информационных систем
BPMN	Стандартизированное описание бизнес-процессов	Международный стандарт OMG	Автоматизация процессов, BPM-системы, цифровая трансформация
ARIS	Комплексное моделирование предприятия	Интеграция моделей	Архитектура предприятия и цифровое управление
Business Studio	Практическое моделирование и регламентация бизнес-процессов	Поддерживает различные нотации и формирование регламентов	Проектирование цифровых моделей предприятий и цифровых двойников

Функциональное моделирование предназначено для анализа выполняемых функций, последовательности работ и взаимодействия участников бизнес-процессов. Моделирование поведения (имитационное моделирование) используется для исследования динамики процессов, анализа различных сценариев их выполнения и оценки функционирования системы во времени.

Формализованное описание, сделанное с помощью перечисленных методов, дает возможность выполнить анализ и моделирование бизнес-процессов предприятия с целью их последующего совершенствования.

Анализ представленных в таблице 2.1 методологий показывает, что каждая из них ориентирована на решение определенного круга задач и обладает собственными преимуществами и ограничениями. Выбор конкретной методологии определяется целями моделирования, уровнем детализации бизнес-процессов, спецификой предметной области и требованиями к результатам моделирования. В связи с этим целесообразно более подробно рассмотреть наиболее распространенные методологии и нотации, получившие широкое применение в практике моделирования и цифровой трансформации бизнес-процессов.

2.2 Методология SADT и ее использование в моделировании бизнес-процессов в АПК

Существенное влияние на развитие методов структурного моделирования оказали американские стандарты серии IDEF. Эти стандарты были созданы в рамках программы интегрированной компьютеризации производства (Integrated Computer Aided Manufacturing, ICAM), реализованной в 1970-х гг. на предприятиях военно-промышленного комплекса США. Целью программы было увеличение эффективности и улучшение координации работы промышленных предприятий. Большой масштаб предстоящих работ и гигантские объемы собираемой информации заставили авторов программы создать четкие, детальные и однозначно трактуемые аналитические методики, которые должны были неукоснительно исполняться всеми аналитиками проекта. Так появилась универсальная методология SADT (Structured Analysis and Design Technique) — методология структурного анализа и проектирования, интегрирующая процесс моделирования, управление конфигурацией проекта, использование дополнительных языковых средств и руководство проектом со своим графическим языком.

В результате развития методологии SADT были созданы несколько графических языков моделирования, которые получили следующие названия: IDEF0–IDEF5 (табл. 2.2). Именно эти семь стандартов в разных сочетаниях применяются для задач анализа и моделирования. Остальные

стандарты либо не были доработаны, либо не получили широкого распространения.

Таблица 2.2 - Основные стандарты серии IDEF

Стандарт	Назначение	Задача
IDEF0, IDEF3	Функциональное моделирование	Описание бизнес-процесса как системы взаимосвязанных функций
IDEF1	Информационное моделирование	Описание информационной структуры объектов, идентификация отношений между объектами
IDEF1X	Моделирование данных	
IDEF4	Объектно-ориентированное описание	
IDEF5	Представление онтологий	
IDEF2	Имитационное моделирование поведения систем	Моделирование поведения системы в различных условиях, анализ критических режимов работы, анализ динамических характеристик бизнес процессов/описание временной последовательности и алгоритмов выполнения бизнес-процессов (работ)
IDEF3	Описание технологических процессов	

Описание системы с помощью SADT называется моделью. В SADT-моделях используются как естественный, так и графический языки (нотации). Для передачи информации о конкретной системе источником естественного языка служат люди, описывающие систему, а источником графического языка - сама методология SADT.

С точки зрения SADT, модель может быть сосредоточена либо на функциях системы, либо на ее объектах. SADT-модели, ориентированные на функции, принято называть функциональными моделями, а ориентированные на объекты системы - моделями данных. Функциональная модель представляет с требуемой степенью детализации систему функций, которые в свою очередь отражают свои взаимоотношения через объекты системы. Модели данных дуальны к функциональным моделям и представляют собой подробное описание объектов системы, связанных системными функциями. Полная методология SADT поддерживает создание множества моделей для более точного описания сложной системы.

Модель может содержать четыре типа диаграмм:

- 1) контекстную диаграмму (в каждой модели может быть только одна контекстная диаграмма) типа IDEF0, IDEF3 и DFD;
- 2) диаграммы декомпозиции;
- 3) диаграммы дерева узлов;
- 4) диаграммы только для экспозиции (FEO).

В основе нотации и методологии IDEF лежит понятие функционального блока, который графически изображается в виде прямоугольника и выражает некоторую функцию (бизнес-процесс). Как известно, прямоугольник имеет четыре стороны. В IDEF роли (функциональные значения) всех сторон различны:

- 1) верхняя сторона имеет значение «управления»;
- 2) левая - «входа»; 3) правая - «выхода»; 4) нижняя - «механизма».

Вторым элементом методологии и нотации является «поток» (в стандарте называемый «интерфейсная дуга») — элемент, описывающий данные, неформальное управление или что-либо другое оказывающее влияние на функцию, изображенную блоком. В зависимости от того, к какой стороне блока направлен поток, он имеет название: «входной», «выходной», «управляющий».

Элементом, представляющим «поток» чего-либо в бизнес-процессе, является стрелка:

- управление — это элемент, управляющий деятельностью;
- стрелки «входа» вносят функции входных данных;
- стрелки «выхода» — выходные данные;
- стрелка «механизма» — это влияющие на процессы данные.

Контекстная диаграмма является вершиной древовидной структуры диаграмм и представляет собой самое общее описание системы и ее взаимодействия с внешней средой.

Если для сложной системы ограничиться единственной контекстной диаграммой, то она будет содержать слишком большое количество источников и приемников информации, которые трудно расположить на листе бумаги нормального формата, и, кроме того, единственный главный процесс не раскрывает структуры такой системы. Поэтому строится иерархия контекстных диаграмм, которые затем декомпозируются. При этом контекстная диаграмма верхнего уровня содержит не единственный главный процесс, а набор подсистем, соединенных потоками данных. Контекстные диаграммы следующего уровня детализируют контекст и структуру подсистем.

После декомпозиции контекстной диаграммы проводится декомпозиция каждого фрагмента системы на более мелкие, при этом каждому фрагменту задается имя и так далее, до достижения нужного уровня подробности описания. После каждого сеанса декомпозиции

проводятся сеансы экспертизы - эксперты предметной области указывают на соответствие реальных бизнес-процессов созданным диаграммам.

Найденные несоответствия исправляются, и только после прохождения экспертизы без замечаний можно приступать к следующему сеансу декомпозиции. Так достигается адекватность (соответствие) разрабатываемой модели реальному состоянию анализируемой предметной области.

Иерархия диаграмм определяет взаимодействие основных функциональных подсистем, как между собой, так и с внешними входными и выходными потоками данных и внешними объектами (источниками и приемниками информации), с которыми взаимодействует система.

После построения всех диаграмм полученную модель следует проверить на полноту исходных данных об объектах системы и изолированность объектов (отсутствие информационных связей с другими объектами).

Методология IDEF0 основана на использовании двух ключевых графических элементов — функциональных блоков и интерфейсных дуг. Функциональный блок изображается в виде прямоугольника и представляет отдельную функцию или процесс, выполняемый в рамках исследуемой системы. Каждый блок имеет уникальный идентификатор и может быть последовательно декомпозирован на процессы более низкого уровня, что обеспечивает иерархическое описание деятельности предприятия.

Взаимодействие между функциями отображается посредством интерфейсных дуг (стрелок), отражающих движение материальных, информационных и управляющих потоков. В соответствии с концепцией IDEF0 различают четыре типа интерфейсных дуг: входы (Input), преобразуемые в процессе выполнения функции; выходы (Output), представляющие результаты выполнения функции; управляющие воздействия (Control), определяющие правила и ограничения выполнения процесса; а также механизмы (Mechanism), характеризующие исполнителей и ресурсы, обеспечивающие выполнение функции.

Наличие управляющих воздействий является одной из наиболее существенных особенностей IDEF0, отличающих данную методологию от большинства других средств функционального моделирования. Благодаря этому модель позволяет не только описывать последовательность выполнения операций, но и отражать механизмы управления процессами, что особенно важно при анализе деятельности предприятий и проектировании их цифровой трансформации.

Для более детального анализа информационных потоков методология IDEF0 может дополняться диаграммами потоков данных (DFD), позволяющими моделировать движение документов и информации

между процессами и внешними объектами. Совместное использование IDEF0 и DFD обеспечивает комплексное представление функциональной и информационной структуры предприятия.

2.3 Методология моделирования BPMN

В 2000 г. инициативной группой американских разработчиков программного обеспечения и консалтинговых фирм был представлен язык, ориентированный на моделирование бизнес-процессов BPML (Business Process Modeling Language). Этот язык позволял строить абстрактные модели взаимодействующих бизнес-процессов. На основе этого языка в 2003– 2004 гг. был разработан проект графической нотации для описания процессов (Business Process Model and Notation, BPMN).

Нотация BPMN позволяет создавать описание процессов, которые поддерживаются системами автоматизации операционных процессов BPM (Business Process Management).

Необходимость появления этой нотации была продиктована решением проблемы обеспечения связи между работниками предприятия, не обладающими знанием языков моделирования бизнес-процессов (руководителями, управленцами, профильными специалистами, менеджерами, аналитиками и др.), которым необходимо документировать реализуемые ими процессы, и разработчиками моделей бизнес-процессов, использующими специализированные языки бизнес-моделирования.

Нотация BPMN поддерживает набор инструментов, необходимых для моделирования процессов. Спецификация BPMN для отображения бизнес-моделей в виде диаграмм использует базовый набор интуитивно понятных неподготовленному пользователю элементов, которые позволяют определять сложные семантические конструкции. Кроме того, спецификация BPMN определяет, как диаграммы, описывающие бизнес-процесс, могут быть трансформированы в исполняемые модели на языке формального описания бизнес-процессов и протоколов их взаимодействия между собой (Business Process Execution Language, BPEL).

Бизнес-процесс в этой нотации описывается в виде взаимодействия управляющих потоков, потоков данных и потоков событий на фоне бизнес-правил, ролей и контекста взаимодействия.

Процесс, описанный в нотации BPMN, представляет собой последовательное или параллельное выполнение различных действий (операций) с указанием определенных бизнесправил и элементов, из которых впоследствии можно получить исполняемую модель, встраиваемую в существующие приложения.

Существуют четыре основные категории элементов нотации (рис. 2.3):

- элементы потока (Flow Objects) - «События» (Events), «Действия» (Activities), «Шлюзы» (Gateways);
 - соединяющие элементы (Connecting Objects) — «Поток операций» (Sequence Flow), «Поток сообщений» (Message Flow), «Ассоциация» (Association);
 - зоны ответственности (Swimlanes) - «Группировка с помощью Пула» (Pool), «Группировка с помощью дорожки» (Lane);
 - артефакты (Artifacts) — «Объект данных» (Data object), «Группа» (Group), «Аннотация» (Annotation).

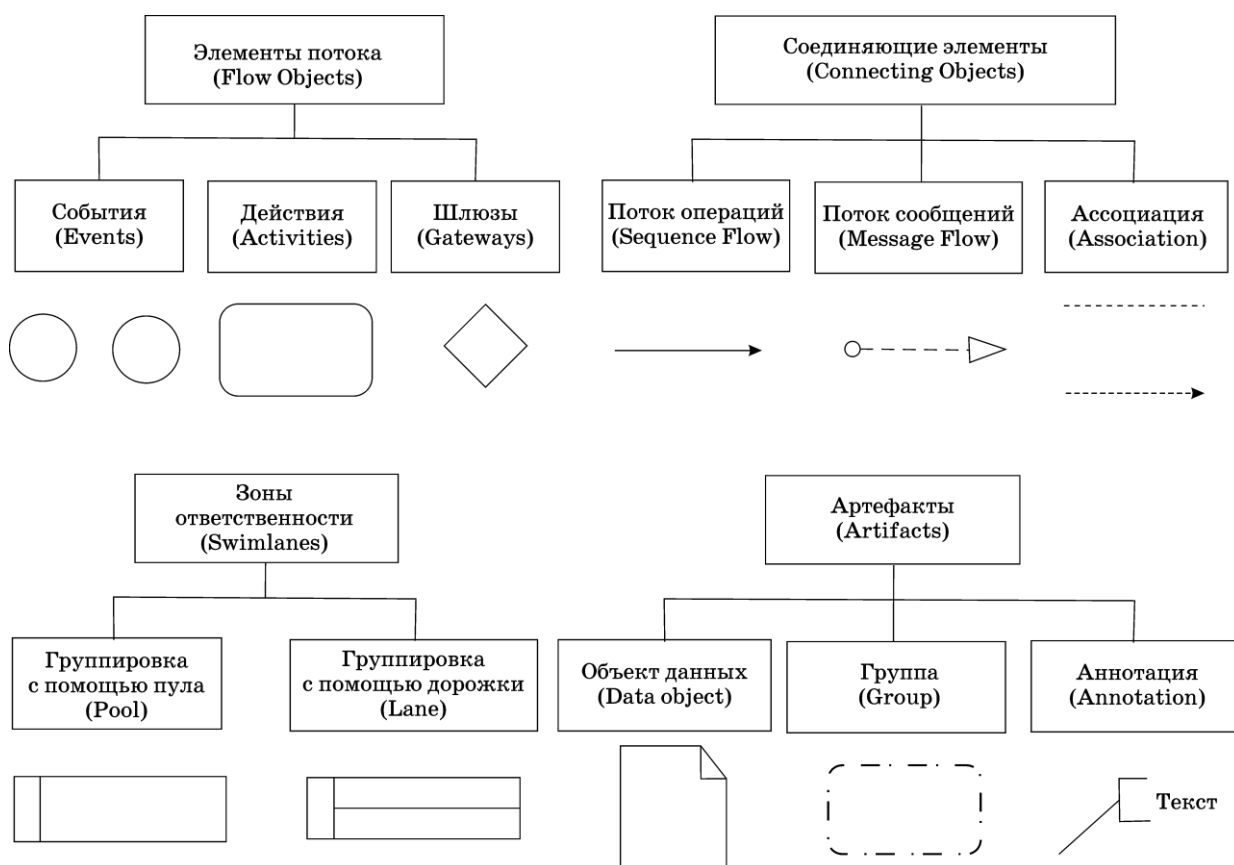


Рис. 2.3 - Объекты нотации BPMN

«События» (Event) используются для обозначения начала (Start) и завершения (End) процесса. Кроме того, могут быть промежуточные события (Intermediate). Как правило, событие имеет причину (так называемый триггер) или воздействие (результат) и изображается в BPMN в виде круга со свободным центром, предназначенным для отображения различных триггеров или результатов («Сообщение», «Таймер», «Ошибка», «Отмена», «Компенсация», «Правило», «Связь», «Множественный», «Завершение»).

«Действие» (Activity) — общий термин, обозначающий работу, выполняемую исполнителем. В BPMN определены следующие виды

действий: «процесс» (Process), «подпроцесс» (Sub-Process) и «задача» (Task). Задача и подпроцесс изображаются в виде прямоугольника с закругленными углами. Процесс либо не имеет границ, либо представлен в виде пула.

«Шлюзы» (Gateway) используются для контроля расхождений и схождений потока задач. Их основное назначение состоит в описании логики выполнения процесса, которая может включать ветвление, раздвоение, слияние и соединение маршрутов. Маркеры внутри условных обозначений показывают тип шлюза как логического оператора («И», «ИЛИ», «КРОМЕ»). Соединяющие элементы служат для соединения других элементов между собой.

Соединяющие элементы соединяют операции и процессы и показывают порядок выполнения действий в процессе. «Поток операций» (Sequence Flow) служит для отображения последовательности (порядка) выполнения задач во времени внутри пула. «Поток сообщений» (Message Flow) служит для отображения обмена сообщениями (информацией) между двумя пулами (процессами), готовыми их отсылать и принимать. «Ассоциация» (Association) служит для установления связей между информацией и элементами потока. При помощи ассоциации текстовые объекты, а также графические объекты, не относящиеся к элементам потока, могут соотноситься с его элементами.

Существуют два способа группировки основных элементов моделирования с помощью зон ответственности — дорожки и пулы дорожек, которые применяются для указания распределения ролей. На «Дорожку» (Swimlane) помещаются только те действия, за которые ответствен определенным исполнителем. Несколько дорожек можно объединить в пул. Свернутые пулы используются для компактности и отвлечения от деталей. Дорожка может служить для группировки задач, выполняемых одним подразделением, исполнителем и т. п. Использование дорожек призвано сделать схемы более наглядными и удобными для восприятия.

Артефакты используются для добавления дополнительной информации о процессе. «Объект данных» (Data Object) относится к артефактам, поскольку он не оказывает непосредственного влияния ни на поток задач, ни на поток сообщений. Однако он отображает информацию о том, какие действия необходимо выполнить и/или каков их результат. При помощи объекта данных на схеме можно показать входы/выходы задачи. «Группировка объектов» (Group) применяется для составления документации или анализа. Группа может быть использована как альтернатива дорожкам. «Текстовая аннотация» (Text Annotation) служит в качестве средства, позволяющего автору модели процесса показать дополнительную информацию читателям схемы.

Для разработки схем процессов в соответствии с нотацией BPMN существуют разнообразные программные средства моделирования. Перечислим лишь некоторые из них.

1. Visio. Программный продукт Microsoft, широко распространенная программная среда. Рисовать процессы можно в любой версии, но наличие шаблонов BPMN процессов и проверка схемы на корректность согласно нотации возможны только в версии старше Microsoft Visio 201x (только коммерческая версия).

2. BPM modeler for Visio. Программный продукт компании Trisotech, является надстройкой для Visio, расширяет функциональность, которой не хватает в Visio (помимо коммерческой существует и пробная версия).

3. Enterprise architect. Программный продукт IBM, корпоративное решение для управления процессами предприятия (только коммерческая версия).

4. ELMA BPM. Программный продукт ELMA, одного из ведущих российских интеграторов (помимо коммерческой существует и пробная версия).

5. Bizagi Process Modeler. Программное решение от компании Bizagi, очень распространенное благодаря своей функциональности, простоте и бесплатности.

6. Modelio (свободно распространяемая программа).

7. ARIS Express. Решение от IDS Scheer, многофункциональный продукт (свободно распространяемая программа).

8. Edraw Max Pro от компании Edraw Visualization Solutions. Применяется для создания технических бизнес-диаграмм, блок-схем, организационных диаграмм, интеллектуальных карт и др. (помимо коммерческой существует и пробная версия).

2.4 Методология моделирования бизнес-процессов ARIS

ARIS (от *англ.* ARchitecture of Integrated Information Systems — архитектура интегрированных информационных систем) представляет собой комплексный подход к анализу, моделированию и управлению бизнес-процессами организации. Методология моделирования ARIS характеризует объект исследования с различной степенью приближенности. Степень детализации описания зависит от целей проекта, в рамках которого проводится моделирование. Полученные результаты моделирования могут быть использованы для анализа и выработки решений по совершенствованию деятельности предприятия.

Ключевой особенностью методологии ARIS является многопредставленность (*multi-view approach*), предполагающая описание деятельности предприятия с различных взаимосвязанных точек зрения. В отличие от методологий, ориентированных преимущественно на

функциональное моделирование, ARIS позволяет одновременно анализировать организационную структуру, функции, информационные объекты, бизнес-процессы и ресурсы предприятия, формируя целостную архитектуру организации.

Преимущество методологии ARIS заключается в ее комплексности, которая проявляется во взаимосвязи моделей, построенных в различных нотациях. В процессе моделирования каждый аспект деятельности предприятия сначала рассматривается отдельно, а после детальной проработки всех аспектов строится интегрированная модель, отражающая все связи между различными аспектами. Таким образом, ARIS позволяет описывать деятельность организации с разных точек зрения, при этом полученные модели будут связаны между собой.

ARIS поддерживает следующие типы моделей, характеризующих различные аспекты исследуемой системы (рис. 2.4):

- организационные модели, представляющие структуру исследуемой организации: иерархию подразделений, должностей и конкретных лиц, связи между ними, территориальную привязку структурных подразделений;
- функциональные модели, отражающие функциональное представление организации, ее свойств, требований, целей;
- информационные модели, характеризующие структуру информации, необходимой для реализации всех функций организации;
- модели процессов и управления, содержащие комплексный взгляд на реализацию бизнес-процессов в рамках организации, а также позволяющие объединять другие модели;
- модели входов и выходов, описывающие потоки материальных и нематериальных входов и выходов.

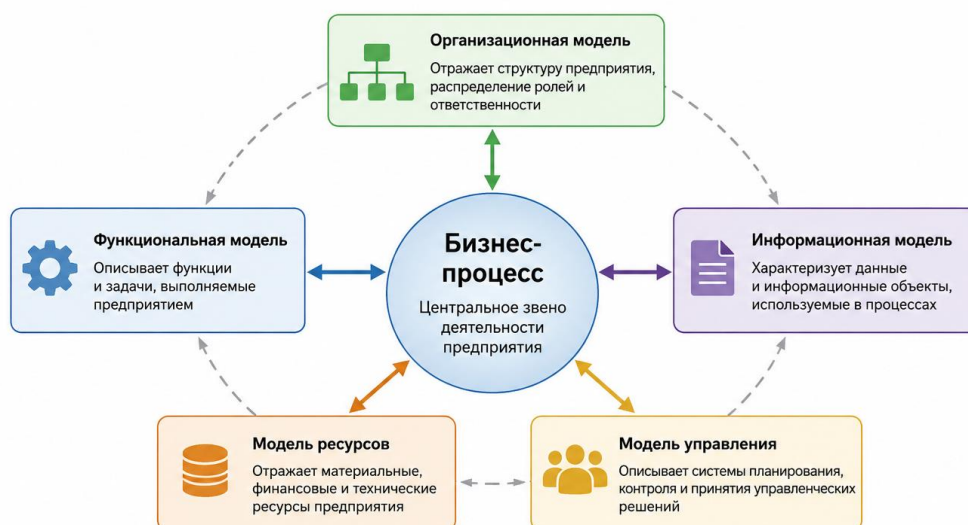


Рис. 2.4 - Взаимосвязь типов моделей ARIS

Из всего многообразия ARIS-моделей к числу наиболее значимых и практически используемых относятся: организационная диаграмма (Organizational chart), процессно-событийная модель (EPC), модель цепочки добавленного качества (стоимости) (Value added chain diagram, VAD), модель дерева функций (Function tree).

ARIS - это одновременно и методология, и программный продукт, предназначенный для моделирования бизнес-процессов организаций. В дальнейшем под системой ARIS (либо инструментальной средой ARIS) будем понимать аппаратное и программное обеспечение, реализующие методологию ARIS, а под методологией ARIS — только подход к структурированному описанию деятельности организации.

Следовательно, методология ARIS представляет собой комплексный подход к структурированному описанию деятельности организации и представлению ее в виде взаимосвязанных и взаимодополняющих графических моделей, удобных для понимания и анализа. Методология ARIS основывается на концепции интеграции, предлагающей целостный взгляд на процессы, и представляет собой множество различных методик, объединенных в рамках единого системного подхода.

Методология ARIS получила широкое распространение в проектах организационного проектирования и цифровой трансформации благодаря возможности интеграции различных аспектов деятельности предприятия в рамках единой архитектуры. Комплексный характер моделей ARIS обеспечивает анализ взаимосвязей между организационной структурой, функциями, информационными потоками и бизнес-процессами, что делает данную методологию эффективным инструментом реинжиниринга и совершенствования системы управления предприятием. Вместе с тем высокая степень детализации моделей требует значительных трудозатрат при разработке и сопровождении, что обуславливает необходимость выбора программной платформы с учетом целей конкретного проекта.

2.5 Современные программные инструменты моделирования бизнес-процессов

Развитие методологий моделирования бизнес-процессов сопровождалось постоянным усложнением организационных систем, увеличением объема обрабатываемой информации и необходимостью интеграции моделей предприятия с цифровыми технологиями. В этих условиях традиционные способы документирования процессов перестали обеспечивать требуемый уровень детализации, актуальности и сопровождения моделей, что обусловило появление специализированных программных средств моделирования бизнес-процессов.

Развитие программных средств моделирования бизнес-процессов происходило параллельно с эволюцией процессного подхода к управлению

предприятиями. Если первые программные продукты выполняли преимущественно функции графического построения схем и диаграмм, то современные платформы обеспечивают комплексное описание архитектуры предприятия, управление корпоративными знаниями, формирование нормативной документации, поддержку анализа эффективности процессов и интеграцию с цифровыми информационными системами. Таким образом, современное программное обеспечение перестало быть исключительно инструментом визуализации процессов и превратилось в элемент цифровой инфраструктуры предприятия (рис. 2.4)..

Как видно из рисунка 2.5, развитие программных средств моделирования бизнес-процессов происходило от простых графических редакторов, предназначенных исключительно для визуализации процессов, к интеллектуальным цифровым платформам, обеспечивающим комплексное моделирование архитектуры предприятия, поддержку управленческих решений и создание цифровых моделей предприятий.

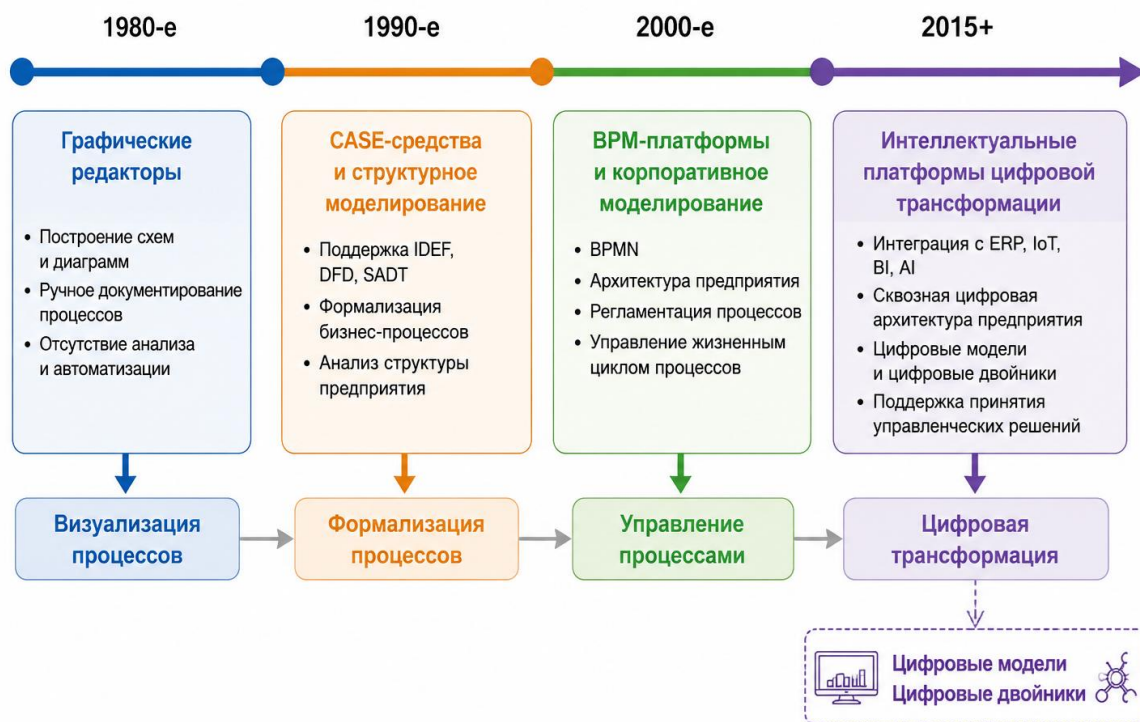


Рис. 2.5 – Эволюция программных средств моделирования бизнес процессов

Данная эволюция отражает переход от документирования процессов к их непрерывному анализу, оптимизации и сопровождению в условиях цифровой трансформации.

В современных исследованиях такие программные продукты рассматриваются как один из ключевых элементов цифрового управления бизнес-процессами, обеспечивающий переход от статического описания

процессов к их непрерывному совершенствованию и управлению на основе данных (табл. 2.3).

Анализ современных программных средств показывает, что их функциональные возможности существенно различаются в зависимости от целей использования. Microsoft Visio и Bizagi Modeler ориентированы преимущественно на построение графических моделей процессов и их документирование. Enterprise Architect предоставляет широкие возможности моделирования архитектуры информационных систем и программных решений. ARIS представляет собой комплексную платформу моделирования архитектуры предприятия, позволяющую описывать организационные структуры, процессы, данные и информационные системы. Business Studio занимает промежуточное положение между средствами моделирования и системами управления архитектурой предприятия, сочетая инструменты описания процессов, регламентации деятельности и формирования корпоративной базы знаний.

Таблица 2.3 – Современные программные инструменты моделирования бизнес-процессов

Программный продукт	Поддерживаемые методологии	Основное назначение	Особенности
ARIS	EPC, BPMN	Архитектура предприятия	Комплексное моделирование организационных, информационных и процессных моделей
Bizagi Modeler	BPMN	Моделирование и документирование процессов	Простота использования, поддержка автоматизации процессов
Enterprise Architect	UML, BPMN	Архитектура предприятия и информационных систем	Интеграция различных моделей предприятия
Microsoft Visio	BPMN, IDEF0	Визуализация процессов	Используется для разработки отдельных схем
Business Studio	IDEF0, BPMN, EPC	Комплексное моделирование бизнес-процессов	Поддержка регламентов, архитектуры предприятия и проектов цифровой трансформации

Из представленных программных продуктов наиболее функциональными являются корпоративные платформы, обеспечивающие не только графическое моделирование бизнес-процессов, но и формирование комплексной архитектуры предприятия, управление нормативной документацией, анализ эффективности процессов и поддержку организационных изменений. В отличие от универсальных графических редакторов, современные платформы моделирования

ориентированы на сопровождение полного жизненного цикла бизнес-процессов — от их описания и анализа до проектирования целевого состояния и последующего совершенствования.

Выбор программного продукта определяется не только набором поддерживаемых нотаций, но и целями исследования, масштабом предприятия, необходимостью разработки нормативной документации, возможностями интеграции с другими информационными системами и требованиями к сопровождению моделей.

Особое место среди подобных решений занимает программный комплекс Business Studio, получивший широкое распространение при моделировании и оптимизации бизнес-процессов предприятий различных отраслей экономики.

Возможности системы позволяют разрабатывать архитектуру процессов предприятия, использовать различные нотации моделирования, формировать организационные модели, автоматически генерировать регламентирующую документацию и обеспечивать информационную поддержку проектов цифровой трансформации. Важным преимуществом Business Studio является интеграция средств моделирования с инструментами анализа организационной структуры, системы показателей, распределения ответственности и нормативной документации. Благодаря этому программный комплекс обеспечивает комплексное представление деятельности предприятия и создает основу для разработки цифровых моделей и цифровых двойников.

Именно поэтому в рамках настоящего исследования для моделирования бизнес-процессов молочно-товарных ферм был выбран программный комплекс Business Studio, позволяющий построить целостную архитектуру процессов предприятия, выполнить их анализ и подготовить основу для последующего проектирования цифровой модели предприятия. Практические результаты применения данного программного продукта представлены в последующих главах монографии.

Выводы по главе 2

Проведенное исследование методологии и инструментария моделирования бизнес-процессов в условиях цифровой трансформации позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Моделирование является одним из ключевых инструментов исследования и совершенствования бизнес-процессов предприятия, поскольку позволяет представить сложную систему хозяйственной деятельности в формализованном виде, определить состав и взаимосвязи процессов, последовательность выполняемых операций, используемые ресурсы, информационные потоки и механизмы управления. В условиях цифровой трансформации значение моделирования возрастает, поскольку

оно создает основу для анализа существующей организации деятельности и проектирования ее изменений.

2. Выбор вида модели и метода моделирования определяется целью исследования и требуемым уровнем детализации бизнес-процессов. Экономические и управленческие модели могут отражать различные стороны функционирования предприятия — функциональную структуру, последовательность операций, организационное взаимодействие, информационные потоки и ресурсное обеспечение. Поэтому использование единственного метода моделирования не всегда позволяет получить комплексное представление о процессах предприятия.

3. Методология SADT и развивающая ее функциональная нотация IDEF0 обеспечивают структурное представление деятельности предприятия через последовательную декомпозицию функций и описание их входов, выходов, механизмов и управляющих воздействий. Для предприятий АПК данный подход позволяет определить состав и взаимосвязи производственных и управленческих функций, установить границы исследуемых процессов и сформировать их иерархическое представление. Вместе с тем функциональные модели в меньшей степени ориентированы на детальное отображение последовательности событий и вариантов выполнения операций, что обуславливает необходимость применения процессных нотаций при более глубокой детализации.

4. BPMN предоставляет более широкие возможности для описания логики выполнения бизнес-процесса на операционном уровне. Использование событий, операций, шлюзов, потоков и участников позволяет формализовать последовательность действий, альтернативные сценарии и взаимодействие исполнителей. Это делает BPMN особенно значимой для задач цифровой трансформации, предполагающих переход от описания существующего процесса к проектированию его целевого состояния и последующей автоматизации.

5. Методология ARIS расширяет границы процессного моделирования за счет комплексного представления предприятия. Ее применение позволяет рассматривать бизнес-процессы во взаимосвязи с организационной структурой, функциями, данными и информационными системами. Тем самым ARIS формирует многопредставленческое описание деятельности предприятия и может использоваться при решении задач, требующих согласования процессных, организационных и информационных изменений.

6. Сопоставление рассмотренных методологий показывает, что SADT/IDEF0, BPMN и ARIS следует рассматривать не столько как взаимоисключающие, сколько как инструменты, ориентированные на различные аспекты моделирования. SADT/IDEF0 наиболее применима для функциональной декомпозиции и определения структуры деятельности; BPMN — для детального представления последовательности и логики

выполнения процессов; ARIS — для комплексного описания взаимосвязей процессов с другими элементами системы управления предприятием. Выбор конкретной методологии должен определяться задачами исследования, требуемой глубиной детализации и предполагаемым использованием разработанной модели.

7. Современные программные инструменты существенно расширяют аналитические возможности моделирования бизнес-процессов, обеспечивая построение и хранение моделей, их декомпозицию, описание организационных и ресурсных параметров, формирование взаимосвязей между элементами модели и подготовку данных для последующего анализа. При этом программное средство само по себе не определяет качество модели: его выбор должен осуществляться после определения методологии моделирования и требований к результатам исследования.

Таким образом, рассмотренные в главе методологии и программные инструменты образуют взаимодополняющий инструментарий исследования бизнес-процессов, позволяющий переходить от общего структурно-функционального представления деятельности предприятия к детальному описанию логики выполнения процессов и их взаимосвязей с организационными, информационными и ресурсными компонентами. В условиях цифровой трансформации моделирование приобретает не только описательную, но и проектную функцию, поскольку создает формализованную основу для выявления ограничений существующих процессов, разработки вариантов их преобразования и последующей оценки проектируемых изменений.

Полученные методологические положения формируют основу для дальнейшего применения процессного моделирования при исследовании агропромышленных предприятий и разработки моделей их текущего и целевого состояния в рамках цифровой трансформации.

3. МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ВОЗМОЖНОСТИ ЕГО АДАПТАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

3.1 Методический подход к сравнительному анализу международных практик цифровой трансформации агропромышленных предприятий

Разработка эффективной модели цифровой трансформации агропромышленных предприятий Республики Казахстан требует не механического переноса зарубежного опыта, а его критического осмысления и адаптации с учетом национальных экономических, организационных и технологических особенностей. Несмотря на значительное количество исследований, посвященных цифровизации сельского хозяйства, большинство из них ограничивается описанием отдельных технологий, государственных программ или успешных корпоративных практик. Такой подход позволяет сформировать общее представление о направлениях развития цифрового сельского хозяйства, однако не дает ответа на принципиальный вопрос: какие именно решения обладают наибольшим потенциалом практического применения в условиях Казахстана и каким образом они должны быть интегрированы в систему управления агропромышленными предприятиями.

В настоящей монографии используется авторский методический подход к сравнительному анализу и адаптации международных практик цифровой трансформации агропромышленных предприятий (рисунок 3.1). Его отличительной особенностью является рассмотрение цифровой трансформации не как процесса внедрения отдельных информационных технологий, а как комплексного преобразования бизнес-процессов, организационной модели управления и механизмов создания экономической ценности.

В отличие от традиционных сравнительных исследований, где основным объектом анализа выступают цифровые технологии или уровень цифровой зрелости отдельных стран, в настоящем исследовании центральным объектом анализа являются бизнес-процессы агропромышленного предприятия. Такой подход обусловлен тем, что именно бизнес-процессы выступают основным объектом цифровой трансформации, тогда как цифровые технологии являются инструментом их совершенствования. Следовательно, оценка международного опыта осуществляется не по степени распространенности тех или иных цифровых решений, а по их способности обеспечивать устойчивые организационные и экономические изменения в деятельности предприятий.

Предлагаемый методический подход включает пять взаимосвязанных аналитических направлений.

Во-первых, анализируется характер трансформации бизнес-процессов, позволяющий определить, какие производственные, вспомогательные и управленческие процессы подвергаются цифровым изменениям, каким образом изменяются их содержание, последовательность выполнения и механизмы взаимодействия.

Во-вторых, исследуются применяемые цифровые технологии и инструменты, включая корпоративные информационные системы, цифровые платформы, технологии Интернета вещей, искусственного интеллекта, анализа больших данных, роботизации и цифрового моделирования. При этом основное внимание уделяется не перечню технологий, а их функциональной роли в преобразовании бизнес-процессов.

В-третьих, оценивается уровень интеграции данных и информационных систем, поскольку эффективность цифровой трансформации определяется не количеством внедренных программных решений, а степенью их взаимосвязи и способностью обеспечивать единое информационное пространство предприятия.

В-четвертых, анализируются экономические результаты цифровой трансформации. В качестве ключевых критериев рассматриваются изменение производительности труда, себестоимости продукции, эффективности использования ресурсов, качества управленческих решений, уровня производственных потерь и других показателей, характеризующих создаваемую экономическую ценность.

В-пятых, определяется потенциал адаптации зарубежных практик применительно к условиям Республики Казахстан. При этом учитываются институциональные особенности агропромышленного комплекса, уровень развития цифровой инфраструктуры, инвестиционные возможности предприятий, обеспеченность квалифицированными кадрами, а также соответствие предлагаемых решений приоритетам государственной политики цифровой трансформации.

Предлагаемый методический подход позволяет перейти от описательного анализа зарубежного опыта к его системной экономической оценке. Это обеспечивает сопоставимость различных международных практик независимо от масштаба предприятий, отраслевой специализации и уровня технологического развития, а также создает научно обоснованную основу для отбора наиболее эффективных решений, которые могут быть использованы при разработке авторской цифровой модели трансформации бизнес-процессов агропромышленных предприятий Республики Казахстан и организационно-экономического механизма ее внедрения.

На рисунке 3.1 представлена концептуальная схема авторского методического подхода к сравнительному анализу и адаптации международных практик цифровой трансформации агропромышленных предприятий, положенного в основу настоящего исследования. Предлагаемый подход обеспечивает единые методологические принципы анализа зарубежного опыта, позволяет сопоставить различные модели цифровой трансформации по общим критериям и обосновать выбор решений, обладающих наибольшим потенциалом адаптации к условиям Республики Казахстан.

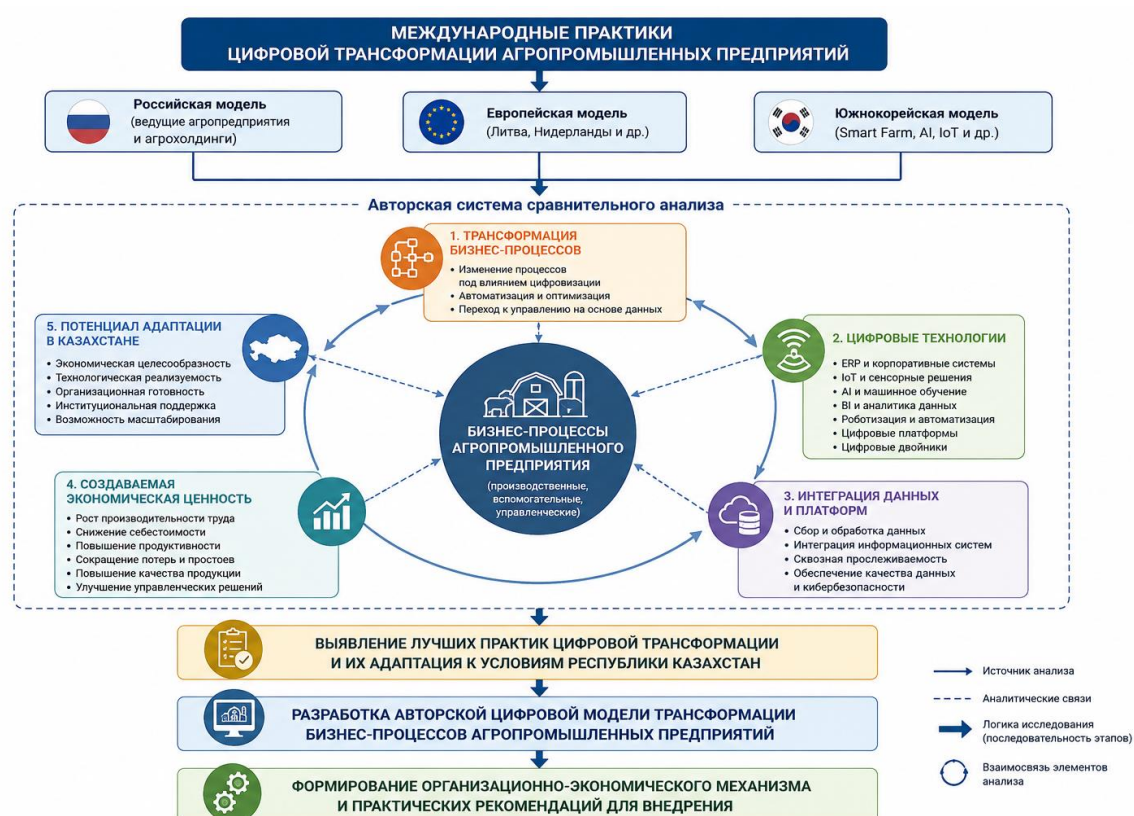


Рисунок 3.1 – Концептуальная схема авторского методического подхода к сравнительному анализу и адаптации международных практик цифровой трансформации агропромышленных предприятий.

Практическое применение представленного методического подхода предполагает последовательное прохождение нескольких этапов сравнительного анализа. На первом этапе осуществляется идентификация международных практик цифровой трансформации, представляющих интерес с позиции их возможного использования в агропромышленном секторе Республики Казахстан. Отбор практик проводится с учетом не только уровня технологического развития рассматриваемых стран, но и особенностей организации агропромышленного производства, роли

государства в процессах цифровизации, масштаба предприятий и характера взаимодействия участников агропродовольственных цепочек.

В рамках исследования в качестве основных объектов сравнительного анализа рассматриваются практики Российской Федерации, стран Европейского союза и Китайской Народной Республики. Выбор данных направлений обусловлен различиями сформировавшихся моделей цифровой трансформации и возможностью выявления на их основе альтернативных подходов к преобразованию бизнес-процессов агропромышленных предприятий. При этом анализ международного опыта осуществляется не на уровне формального сопоставления отдельных цифровых технологий, а с позиции организационно-экономических изменений, возникающих в результате их внедрения.

На втором этапе для каждой международной практики определяется объект цифровой трансформации, то есть конкретный бизнес-процесс или совокупность взаимосвязанных процессов агропромышленного предприятия. К ним относятся процессы управления производством, растениеводства и животноводства, кормления и воспроизводства стада, материально-технического обеспечения, управления земельными ресурсами, контроля качества, логистики, финансового планирования и управленческого контроля. Такой подход позволяет установить, на каком участке цепочки создания стоимости происходит цифровое преобразование и какие изменения оно вносит в существующую организацию деятельности предприятия.

На третьем этапе устанавливается взаимосвязь между трансформируемым бизнес-процессом и применяемым цифровым решением. Оценивается функциональная роль корпоративных информационных систем, цифровых платформ, технологий Интернета вещей, искусственного интеллекта, больших данных, геоинформационных систем, роботизированных комплексов и других инструментов. Принципиальное значение при этом имеет разграничение локальной автоматизации отдельных операций и комплексной цифровой трансформации. Использование отдельного программного продукта или технического устройства рассматривается как элемент цифровой трансформации только в той мере, в какой оно изменяет содержание бизнес-процесса, информационные потоки, механизм принятия решений или взаимодействие между подразделениями предприятия.

Следующим этапом является оценка интеграционного эффекта цифровизации. Для этого определяется, каким образом данные, формируемые в отдельных производственных и управленческих процессах, объединяются в информационной системе предприятия и используются другими функциональными подразделениями. Особое внимание уделяется наличию автоматизированного обмена данными между производственным оборудованием, системами учета и

мониторинга, корпоративными информационными системами и аналитическими инструментами. Данный критерий позволяет разграничить фрагментарную цифровизацию и системную цифровую трансформацию, предполагающую формирование единого информационного пространства предприятия. Значимость именно интеграции уже заложена в предлагаемой методике как самостоятельное направление сравнительного анализа.

На следующем этапе проводится оценка результатов цифровой трансформации. При наличии подтвержденных количественных данных рассматриваются изменения производительности, объемов производства, себестоимости, расхода материальных ресурсов, производственных потерь, трудоемкости операций и других показателей эффективности. Вместе с тем отсутствие открытых данных о непосредственном экономическом эффекте конкретного цифрового решения не является основанием для исключения соответствующей практики из анализа. В таких случаях определяется характер создаваемого организационного или экономического эффекта и одновременно фиксируются ограничения его количественной интерпретации.

Такой принцип имеет существенное значение для обеспечения объективности сравнительного анализа. Изменение производственных или экономических показателей предприятия может быть обусловлено совокупностью технологических, организационных, инвестиционных и рыночных факторов. Поэтому при отсутствии подтвержденной причинно-следственной связи между внедрением конкретного цифрового решения и изменением показателя полученный результат не должен полностью интерпретироваться как эффект цифровизации. Подобный подход уже реализуется при анализе практических кейсов: например, в материалах по ГК «ЭкоНива» наряду с количественными производственными показателями отдельно фиксируются ограничения их экономической интерпретации.

Заключительным этапом является оценка потенциала адаптации выявленных международных практик к условиям Республики Казахстан. В рамках данного этапа определяется не возможность прямого копирования зарубежного решения, а соответствие принципов его организации институциональным, экономическим и технологическим условиям отечественного агропромышленного сектора. Учитываются требования к цифровой инфраструктуре, первоначальным инвестициям, квалификации персонала, интеграции с действующими информационными системами, масштабу предприятия и доступности технологического сопровождения. Такой подход соответствует исходному положению исследования о необходимости критического отбора зарубежных практик вместо их механического переноса.

Для обеспечения единства критериев и сопоставимости исследуемых международных практик сформирована система их сравнительной оценки, объединяющая процессные, технологические, интеграционные, экономические и организационные характеристики, а также критерии масштабируемости и адаптируемости цифровых решений (таблица 2.1).

Таблица 3.1 - Система критериев сравнительного анализа международных практик цифровой трансформации агропромышленных предприятий

Направление анализа	Критерии и индикаторы оценки	Что позволяет установить	Результат сравнительного анализа
1. Трансформация бизнес-процессов	Охват производственных, вспомогательных и управленческих процессов; изменение последовательности операций;	Глубину преобразования деятельности предприятия и отличие цифровой трансформации от локальной автоматизации	Тип трансформации: локальная / процессная / комплексная
2. Применяемые цифровые технологии	ERP и специализированные информационные системы; IoT и сенсорный мониторинг; GIS и ДЗЗ; роботизация; AI.	Какие технологии обеспечивают изменение конкретных бизнес-процессов и какую функциональную роль они выполняют	Технологический профиль практики и связь «бизнес-процесс – цифровое решение»
3. Интеграция данных и информационных систем	Автоматический сбор данных; интеграция производственных и управленческих данных; обмен между ИС; использование единой базы данных.	Степень формирования единого информационного пространства и наличие сквозных информационных потоков	Уровень интеграции: фрагментарный / частично интегрированный / интегрированный
4. Производственно-экономические результаты	Изменение производительности; объемов производства; себестоимости; трудоемкости; расхода кормов, топлива, воды, энергии и др.ресурсов;	Создаваемую цифровой трансформацией производственную, организационную и экономическую ценность	Наличие количественно подтвержденного / качественно подтвержденного / потенциального эффекта
5. Потенциал адаптации в Республике Казахстан	Соответствие структуре отечественного АПК; доступность инфраструктуры; инвестиционная емкость; кадровые требования.	Возможность переноса технологических принципов зарубежной практики в казахстанские условия	Потенциал адаптации: низкий / средний / высокий, с указанием необходимых условий

Применение единой аналитической матрицы позволяет обеспечить методическую сопоставимость существенно различающихся

международных практик и проследить логическую взаимосвязь «бизнес-процесс – цифровое решение – организационное изменение – экономический результат – условия адаптации». В последующих разделах главы данный подход используется для систематизации и сравнительной оценки международного опыта цифровой трансформации агропромышленных предприятий с последующим определением практик, представляющих наибольший интерес для агропромышленного сектора Республики Казахстан.

3.2 Российский опыт цифровой трансформации агропромышленных предприятий

Российская Федерация является одной из немногих стран постсоветского пространства, где цифровая трансформация агропромышленного комплекса реализуется на системной основе и рассматривается как один из ключевых факторов обеспечения продовольственной безопасности, повышения производительности сельского хозяйства и устойчивого развития сельских территорий. В последние годы цифровизация аграрного сектора перестала ограничиваться внедрением отдельных информационных технологий и приобрела характер комплексной трансформации, охватывающей государственное управление, производственные процессы, логистику, систему прослеживаемости продукции и взаимодействие участников агропродовольственных цепочек.

Особенностью российской модели является ее многоуровневый характер. В отличие от локального внедрения отдельных цифровых решений, цифровая трансформация строится на сочетании государственной политики, отраслевых стратегий, специализированных цифровых платформ и корпоративных инициатив крупнейших агропромышленных компаний. Такой подход обеспечивает согласованное развитие цифровой инфраструктуры, нормативно-правовой базы и механизмов государственной поддержки внедрения современных технологий в сельском хозяйстве.

Развитие цифровой трансформации агропромышленных предприятий Российской Федерации сопровождается увеличением объема ресурсов, направляемых на внедрение и использование цифровых технологий. Динамика соответствующих затрат позволяет оценить не уровень цифровой зрелости предприятий как таковой, а интенсивность инвестиционного обеспечения процессов цифровизации в сельскохозяйственном производстве. Согласно данным Федеральной службы государственной статистики Российской Федерации, в 2022–2024 гг. объем затрат на внедрение и использование цифровых технологий в растениеводстве и животноводстве демонстрировал устойчивую

положительную динамику, что отражает расширение экономической базы цифровой модернизации отрасли (рисунок 3.2)

Рисунок 3.2 – Динамика затрат на внедрение и использование цифровых технологий в растениеводстве и животноводстве Российской Федерации в 2022–2024 гг., млн руб.

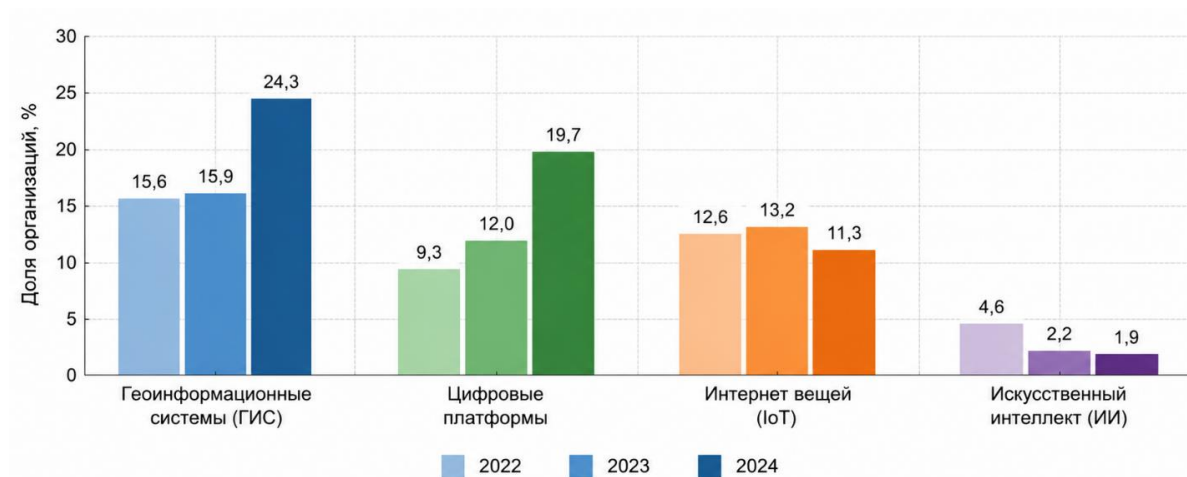


Рисунок 3.2. – Динамика использования отдельных цифровых технологий организациями растениеводства и животноводства Российской Федерации в 2022–2024 гг., %

Представленные данные свидетельствуют о неоднородной динамике распространения цифровых технологий в сельскохозяйственных организациях Российской Федерации. Наиболее выраженный рост наблюдается в использовании геоинформационных систем: их доля увеличилась с 15,6% в 2022 г. до 24,3% в 2024 г., то есть на 8,7 п.п. Еще более существенное изменение характерно для цифровых платформ, применение которых возросло с 9,3 до 19,7%, или на 10,4 п.п. В результате к 2024 г. именно ГИС и цифровые платформы стали наиболее распространенными среди рассматриваемых цифровых решений.

Вместе с тем распространение более сложных технологий не демонстрирует аналогичной динамики. Доля организаций, использующих Интернет вещей, после увеличения с 12,6% в 2022 г. до 13,2% в 2023 г. снизилась до 11,3% в 2024 г. Еще более ограниченным остается применение искусственного интеллекта: соответствующий показатель сократился с 4,6 до 1,9%. Такая структура позволяет сделать вывод, что цифровая трансформация российского сельского хозяйства на рассматриваемом этапе развивается преимущественно за счет технологий, обеспечивающих сбор, пространственную обработку, интеграцию и обмен данными, тогда как переход к интеллектуальной автоматизации пока носит ограниченный характер.

Формирование современной модели цифровой трансформации АПК России стало результатом последовательной реализации национальной политики цифрового развития. В ее основе лежит интеграция федеральных программ цифровой экономики с отраслевой стратегией Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, предусматривающей широкое внедрение технологий искусственного интеллекта, интернета вещей, больших данных, облачных вычислений, цифровых платформ и интеллектуальных систем поддержки принятия управленческих решений. Важной особенностью является ориентация не только на автоматизацию отдельных производственных операций, но и на создание единого цифрового пространства агропромышленного комплекса, обеспечивающего обмен данными между государственными органами, сельскохозяйственными производителями, перерабатывающими предприятиями, логистическими операторами и финансовыми институтами.

Практическая реализация данной модели сопровождается постепенным повышением уровня цифровой зрелости агропромышленных предприятий. Согласно результатам анализа, представленным в отчете по итогам научной стажировки, наибольшая часть российских сельскохозяйственных предприятий находится на стадии частичной автоматизации и интеграции цифровых решений, тогда как использование интеллектуальных систем и технологий искусственного интеллекта пока характерно преимущественно для крупных агрохолдингов. Вместе с тем наблюдается устойчивая положительная динамика перехода предприятий от локальной автоматизации к комплексной цифровой интеграции бизнес-процессов, что свидетельствует о постепенном формировании цифровой экосистемы агропромышленного производства.

Для Республики Казахстан российский опыт представляет особый научный и практический интерес по нескольким причинам. Во-первых, обе страны обладают сопоставимой структурой аграрного производства, схожими природно-климатическими условиями отдельных регионов и близкими институциональными механизмами государственного регулирования агропромышленного комплекса. Во-вторых, многие программные решения, разработанные для российских предприятий, потенциально могут быть адаптированы к условиям Казахстана без существенного изменения архитектуры информационных систем. Наконец, российская модель демонстрирует возможность поэтапного перехода от автоматизации отдельных функций к формированию цифровых платформ управления производственными и логистическими процессами, что особенно актуально для большинства казахстанских агропромышленных предприятий, находящихся на начальных этапах цифровой трансформации.

В связи с этим дальнейший анализ российской модели цифровой трансформации целесообразно проводить по трем взаимосвязанным направлениям: государственной политике в области цифровизации агропромышленного комплекса, развитию специализированных цифровых платформ и информационных систем, а также практике внедрения цифровых технологий ведущими агропромышленными предприятиями Российской Федерации.

Государственная политика как основа цифровой трансформации АПК Российской Федерации

Институциональной основой российской модели цифровой трансформации агропромышленного комплекса выступает активная роль государства в формировании нормативных, инфраструктурных и организационных условий внедрения цифровых технологий. Цифровизация сельского хозяйства рассматривается не как совокупность разрозненных корпоративных инициатив, а как составная часть национальной политики технологического развития. Такой подход обеспечивает включение агропромышленного комплекса в общую архитектуру цифровой экономики и позволяет согласовывать отраслевые проекты с развитием телекоммуникационной инфраструктуры, электронного государственного управления, отечественного программного обеспечения и систем обработки данных.

Государственная политика Российской Федерации в данной сфере формировалась последовательно, по мере перехода от общей информатизации экономики к отраслевой цифровой трансформации. На первоначальном этапе основной акцент делался на развитии информационной инфраструктуры, электронного документооборота и базовых государственных информационных систем. В дальнейшем приоритеты сместились в сторону внедрения сквозных цифровых технологий, интеграции отраслевых баз данных и создания цифровых платформ, способных обеспечивать взаимодействие различных участников агропродовольственной системы.

В отчете по итогам научной стажировки отмечается, что нормативную основу цифрового развития формируют национальные и федеральные проекты, документы стратегического планирования, а также отраслевая стратегия цифровой трансформации Министерства сельского хозяйства Российской Федерации. В совокупности они ориентированы на повышение цифровой зрелости организаций, внедрение искусственного интеллекта, интернета вещей, технологий больших данных и роботизации, а также на развитие межведомственного информационного обмена и обеспечение защиты данных.

Отраслевая специфика государственной политики проявляется в том, что цифровизация АПК охватывает не только непосредственно производственную деятельность сельскохозяйственных организаций, но и

всю систему государственного регулирования отрасли. К ключевым направлениям относятся автоматизация мониторинга посевов и состояния животных, цифровой учет сельскохозяйственной продукции, интеграция предприятий с государственными информационными системами, создание электронных паспортов полей, развитие платформ агросервисов и внедрение систем прослеживаемости продукции.

В результате государство выступает одновременно в нескольких ролях. Во-первых, оно является регулятором, устанавливающим нормативные требования к цифровому учету, отчетности и обмену данными. Во-вторых, государственные органы формируют и эксплуатируют отраслевые информационные системы. В-третьих, они создают экономические стимулы для внедрения цифровых решений посредством субсидирования, пилотных проектов и программ поддержки отечественных разработчиков. В-четвертых, государство выполняет координационную функцию, обеспечивая взаимодействие сельхозпроизводителей, перерабатывающих предприятий, финансовых организаций, органов ветеринарного и фитосанитарного контроля.

Подобная модель принципиально отличается от подхода, при котором цифровая трансформация полностью передается на уровень отдельных предприятий. В аграрном секторе самостоятельные корпоративные инициативы нередко ограничиваются автоматизацией бухгалтерского учета, установкой отдельных датчиков или приобретением специализированной техники. Без общей цифровой архитектуры такие решения остаются изолированными и не обеспечивают сквозного управления данными. Российский подход направлен на преодоление этой фрагментарности путем создания государственных и отраслевых платформ, интегрирующих производственные, ветеринарные, логистические и статистические данные.

Важным элементом государственной цифровой политики является развитие обязательных информационных систем учета и контроля. С одной стороны, такие системы повышают прозрачность отрасли, обеспечивают прослеживаемость продукции и снижают риски недостоверной отчетности. С другой стороны, они стимулируют предприятия к переходу на электронный документооборот и формированию цифровых массивов данных. Таким образом, государственное регулирование становится одним из механизмов повышения цифровой зрелости агропромышленных предприятий.

Вместе с тем административное внедрение цифровых систем не всегда означает полноценную цифровую трансформацию. Предприятие может использовать электронную отчетность и государственные информационные системы, но при этом сохранять ручное управление производственными процессами, разрозненный учет и слабую интеграцию внутренних подразделений. Поэтому российская модель сочетает

обязательные инструменты государственного контроля с добровольным внедрением корпоративных ERP-систем, средств производственной аналитики, геоинформационных технологий, сенсорного мониторинга и интеллектуальных систем поддержки решений.

Существенное значение имеет ориентация государственной политики на импортонезависимость и развитие отечественного программного обеспечения. Для агропромышленного комплекса это означает расширение предложения локальных ERP-систем, платформ точного земледелия, геоинформационных сервисов, решений для управления животноводством и цифровых инструментов мониторинга техники. Такая политика способствует формированию внутреннего рынка агротехнологий, однако одновременно ставит задачу обеспечения совместимости различных программных продуктов и единства стандартов данных.

Отдельным направлением выступает развитие цифровой инфраструктуры сельских территорий. Внедрение IoT-устройств, облачных платформ и систем дистанционного мониторинга невозможно без устойчивого доступа к сети Интернет, современных средств связи и вычислительных мощностей. Российский опыт показывает, что технологическая модернизация предприятий должна сопровождаться инфраструктурным развитием регионов. В противном случае цифровой разрыв между крупными агрохолдингами и малыми хозяйствами будет сохраняться или усиливаться.

Согласно материалам отчета, в российском АПК сохраняются различия в уровне цифровой зрелости предприятий. Крупные компании значительно активнее используют ERP-системы, цифровой мониторинг и автоматизированный учет, тогда как для малых хозяйств характерны ограниченные финансовые возможности, нехватка специалистов и недостаточная доступность инфраструктуры. Это свидетельствует о том, что универсальная политика цифровизации должна дополняться дифференцированными мерами поддержки, учитывающими масштаб предприятия, отраслевую специализацию и региональные условия.

Для малых и средних хозяйств наиболее важными являются доступные модульные решения, субсидирование первоначальных затрат, сервисные модели использования программного обеспечения и развитие цифрового агроконсалтинга. Крупные агропромышленные компании, напротив, способны самостоятельно инвестировать в интегрированные платформы, искусственный интеллект и цифровые двойники, однако нуждаются в единых стандартах обмена данными и интеграции с государственными системами.

Таким образом, российская государственная политика в сфере цифровой трансформации АПК имеет несколько характерных особенностей: стратегическую централизацию, отраслевую

специализацию, платформенный подход, сочетание обязательного цифрового учета и корпоративных инициатив, поддержку отечественных технологий и ориентацию на межведомственную интеграцию. Ее сильной стороной является создание единого институционального контура цифровизации. Вместе с тем сохраняются проблемы неравномерности цифрового развития, ограниченной совместимости информационных систем и недостаточной доступности передовых технологий для малых форм хозяйствования.

Для Республики Казахстан данный опыт важен прежде всего не как готовая модель для прямого копирования, а как пример последовательного институционального сопровождения цифровой трансформации. Его адаптация предполагает формирование отраслевой стратегии цифрового развития АПК, согласование государственных информационных систем, создание единых стандартов аграрных данных и внедрение дифференцированных механизмов поддержки предприятий с различным уровнем цифровой зрелости. При этом государственная цифровизация должна быть направлена не только на усиление контроля и отчетности, но и на создание реальной экономической ценности для сельскохозяйственных производителей - снижение затрат, повышение производительности, улучшение качества управленческих решений и расширение доступа к рынкам.

Одной из наиболее характерных особенностей российской модели цифровой трансформации агропромышленного комплекса является активное развитие отраслевых цифровых платформ, обеспечивающих интеграцию государственных информационных ресурсов, корпоративных информационных систем и производственных процессов сельскохозяйственных предприятий. Если на ранних этапах цифровизации основное внимание уделялось автоматизации отдельных функций, таких как бухгалтерский учет, кадровое администрирование или производственное планирование, то современный этап развития ориентирован на формирование единого цифрового пространства агропромышленного комплекса, основанного на непрерывном обмене данными между всеми участниками цепочки создания стоимости.

Платформенный подход принципиально отличается от традиционной автоматизации отдельных подразделений предприятия. Его ключевой особенностью является объединение различных информационных потоков в единую цифровую среду, обеспечивающую сквозное сопровождение продукции от первичного производства до конечного потребителя. При этом цифровая платформа становится не просто инструментом хранения информации, а основой для принятия управленческих решений, мониторинга производственных процессов и координации взаимодействия между сельскохозяйственными производителями, переработчиками,

логистическими компаниями, финансовыми организациями и государственными органами.

Как показало проведенное исследование, в Российской Федерации сформирована достаточно развитая система специализированных цифровых платформ, выполняющих различные функции в управлении агропромышленным производством. Часть из них создавалась государственными структурами для решения задач прослеживаемости продукции, ветеринарного контроля и информационного взаимодействия участников рынка. Другие платформы разработаны коммерческими компаниями и ориентированы на автоматизацию производственной деятельности предприятий, управление ресурсами, цифровой мониторинг технологических процессов и аналитическую поддержку управленческих решений.

Особое место среди государственных цифровых решений занимают федеральные информационные системы, обеспечивающие цифровое сопровождение отдельных направлений агропромышленного производства. Их внедрение позволило существенно повысить прозрачность движения продукции, обеспечить прослеживаемость сырья и готовой продукции, сократить объем бумажного документооборота и повысить оперативность обмена информацией между государственными органами и хозяйствующими субъектами. Благодаря обязательному использованию таких систем предприятия постепенно переходят к единому цифровому формату взаимодействия, что создает предпосылки для дальнейшей интеграции корпоративных информационных систем.

Наряду с государственными информационными ресурсами активно развиваются корпоративные цифровые платформы управления агропромышленными предприятиями. Наиболее широкое распространение получили ERP-системы, адаптированные к особенностям сельскохозяйственного производства. Их функциональные возможности значительно выходят за рамки традиционного бухгалтерского учета и включают управление производственными ресурсами, планирование сельскохозяйственных операций, контроль использования техники, учет материальных запасов, мониторинг движения животных, управление персоналом, бюджетирование и анализ экономической эффективности производственных процессов. В результате формируется единое информационное пространство предприятия, позволяющее руководству получать объективную информацию практически в режиме реального времени.

В последние годы наблюдается переход от локальных ERP-решений к комплексным цифровым экосистемам, интегрирующим данные из различных источников. Помимо внутренних информационных ресурсов предприятия, в единую платформу включаются данные спутникового мониторинга, результаты дистанционного зондирования Земли, сведения с

датчиков интернета вещей, телеметрия сельскохозяйственной техники, показатели микроклимата производственных помещений, ветеринарная информация и результаты лабораторного контроля. Такая интеграция обеспечивает качественно новый уровень информационного обеспечения управления и создает основу для применения методов искусственного интеллекта и предиктивной аналитики.

Существенное развитие получили специализированные цифровые решения для точного земледелия и цифрового животноводства. Использование геоинформационных технологий, спутниковой навигации, беспилотных летательных аппаратов, сенсорных систем и технологий машинного зрения позволяет осуществлять непрерывный мониторинг состояния сельскохозяйственных угодий, контролировать выполнение технологических операций, прогнозировать урожайность, оптимизировать внесение удобрений и средств защиты растений. В животноводстве аналогичные технологии применяются для мониторинга физиологического состояния животных, автоматизации процессов кормления, контроля продуктивности и раннего выявления заболеваний.

Важной тенденцией последних лет стало расширение использования цифровых платформ как инструмента интеграции всех участников агропродовольственной цепочки. Современные платформенные решения позволяют объединять производителей сельскохозяйственной продукции, перерабатывающие предприятия, транспортно-логистические организации, финансовые учреждения, страховые компании и государственные органы в рамках единой цифровой экосистемы. Это способствует сокращению транзакционных издержек, повышению прозрачности хозяйственных операций и ускорению принятия управленческих решений.

Вместе с тем анализ российского опыта показывает, что эффективность цифровых платформ определяется не столько количеством внедренных информационных систем, сколько степенью их взаимной интеграции. Во многих случаях предприятия продолжают использовать несколько автономных программных продуктов, между которыми отсутствует автоматический обмен информацией. В результате часть данных продолжает дублироваться вручную, увеличивается вероятность ошибок и снижается оперативность принятия решений. Поэтому одним из ключевых направлений дальнейшего развития российской модели цифровой трансформации становится обеспечение интероперабельности цифровых платформ, унификация форматов данных и развитие открытых интерфейсов информационного взаимодействия.

Для Республики Казахстан данный опыт представляет особую ценность. В отличие от внедрения отдельных программных продуктов, платформенный подход позволяет сформировать единое информационное пространство агропромышленного комплекса, объединяющее государственные цифровые сервисы, корпоративные информационные

системы и специализированные отраслевые решения. Вместе с тем прямое копирование российских платформ представляется менее эффективным, чем адаптация их архитектурных принципов. Приоритетное значение имеет создание совместимой цифровой экосистемы, обеспечивающей интеграцию национальных государственных информационных систем, корпоративных ERP-решений и перспективных технологий искусственного интеллекта, интернета вещей и цифрового моделирования.

Российская практика представляет особый интерес для сравнительного анализа цифровой трансформации агропромышленных предприятий вследствие близости производственно-технологических условий ведения сельского хозяйства, значительной территориальной дифференциации аграрного производства и существенной роли государства в формировании институциональной и инфраструктурной среды цифровизации. В отличие от моделей, основанных преимущественно на рыночном распространении цифровых технологий, российский подход характеризуется сочетанием государственного регулирования, отраслевых инициатив и инвестиционной активности крупных агропромышленных компаний. В результате цифровая трансформация развивается одновременно на нескольких уровнях — от формирования цифровой инфраструктуры и отраслевых информационных систем до внедрения конкретных решений непосредственно в производственные и управленческие бизнес-процессы предприятий.

С позиции принятого в настоящем исследовании методического подхода российский опыт целесообразно рассматривать не как совокупность отдельных цифровых технологий, а как формирующуюся модель цифровой трансформации агропромышленного производства, в которой технологические изменения взаимосвязаны с преобразованием способов организации, контроля и управления бизнес-процессами. Такой подход позволяет разграничить простую автоматизацию отдельных операций и более глубокую цифровую трансформацию, предполагающую интеграцию данных, производственных систем и управленческих решений в едином информационном контуре предприятия.

Развитие цифровизации российского агропромышленного комплекса происходило поэтапно. Первоначально основное внимание уделялось автоматизации учета, внедрению корпоративных информационных систем, электронного документооборота и отдельных средств мониторинга. Последующее распространение технологий точного земледелия, спутникового позиционирования, дистанционного зондирования Земли, беспилотных летательных аппаратов, Интернета вещей, автоматизированных систем управления сельскохозяйственной техникой и производственным оборудованием расширило сферу цифровизации непосредственно на основные производственные процессы. Современный этап характеризуется постепенным переходом от локальных цифровых

решений к интеграции данных и формированию цифровых контуров управления производством.

Для целей настоящего исследования принципиально важно, что цифровая трансформация затрагивает практически всю цепочку создания стоимости агропромышленного предприятия. В растениеводстве цифровые технологии применяются при планировании посевных работ, мониторинге состояния сельскохозяйственных угодий, дифференцированном внесении удобрений и средств защиты растений, прогнозировании урожайности и управлении сельскохозяйственной техникой. В животноводстве цифровизация охватывает идентификацию и мониторинг животных, управление кормлением, контроль физиологического состояния и продуктивности, автоматизацию доения и поддержание параметров микроклимата. В обеспечивающих процессах цифровые решения используются при управлении запасами, техническом обслуживании оборудования, логистике, контроле качества и прослеживаемости продукции.

Объектом цифровизации постепенно становится уже не отдельная технологическая операция, а система взаимосвязанных бизнес-процессов предприятия. Экономический эффект цифровых технологий определяется не столько фактом их внедрения, сколько степенью их интеграции в архитектуру бизнес-процессов и использованием генерируемых данных для принятия управленческих решений.

Рассмотренные направления показывают, что цифровая трансформация агропромышленного предприятия не ограничивается внедрением отдельных технологических решений, а формируется в результате взаимодействия внешних институциональных условий, корпоративных информационных систем, цифровизации бизнес-процессов и технологической базы. В связи с этим российскую практику цифровой трансформации агропредприятий целесообразно представить в виде взаимосвязанных уровней, отражающих последовательный переход от формирования внешних условий цифровизации к преобразованию деятельности предприятия и получению соответствующих экономических и организационных эффектов (рисунок 3.3.).

Практическая реализация цифровой трансформации в агропромышленном комплексе Российской Федерации осуществляется преимущественно крупными вертикально интегрированными агрохолдингами, располагающими необходимыми финансовыми, кадровыми и технологическими ресурсами. Именно такие предприятия выступают основными драйверами внедрения инновационных цифровых решений, формируя отраслевые стандарты и демонстрируя экономическую эффективность современных технологий. В отличие от небольших сельскохозяйственных организаций, цифровая трансформация здесь рассматривается не как модернизация отдельных операций, а как

комплексное изменение системы управления производством, основанное на интеграции цифровых данных в процессы принятия решений.

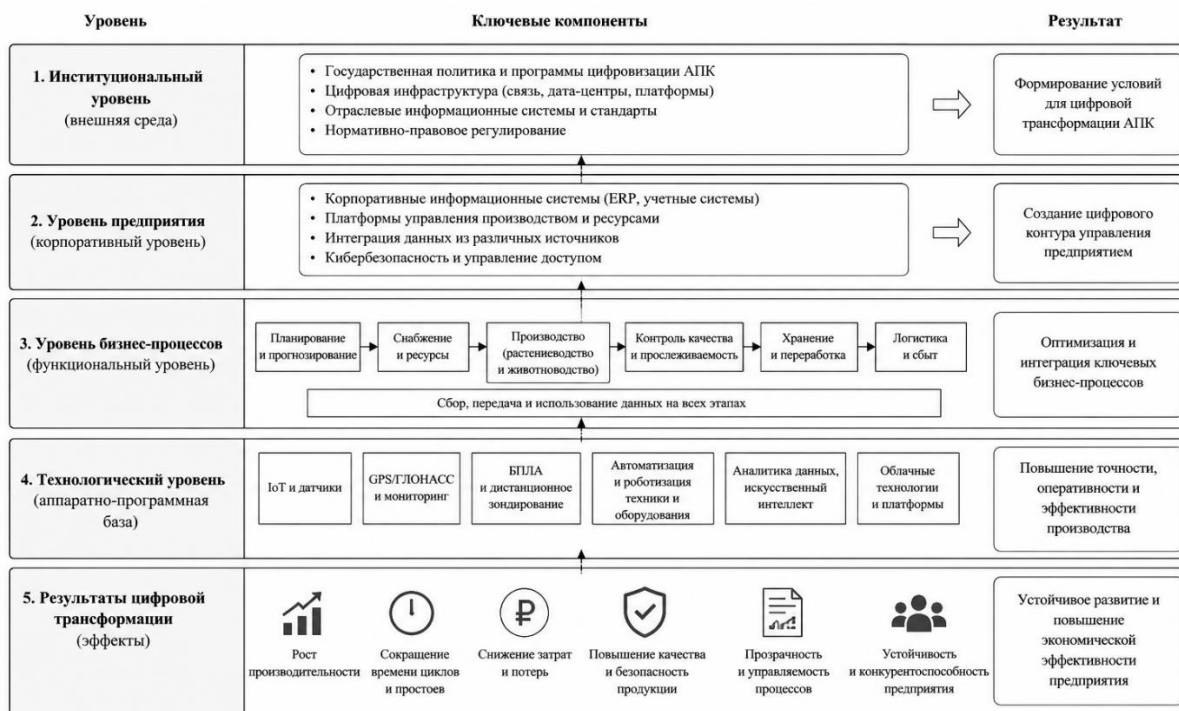


Рисунок 3.3 – Уровни цифровой трансформации агропромышленного предприятия в российской практике

Анализ российского опыта позволяет выделить несколько наиболее характерных направлений цифровой трансформации предприятий агропромышленного комплекса.

Первое направление связано с внедрением интегрированных корпоративных информационных систем управления. Современные агрохолдинги постепенно переходят от использования отдельных программ бухгалтерского учета к созданию единой цифровой среды управления предприятием. ERP-системы объединяют процессы производственного планирования, материально-технического обеспечения, управления земельными ресурсами, учета движения животных, финансового контроля, управления персоналом и логистики. Благодаря этому формируется единое информационное пространство предприятия, позволяющее руководству получать актуальную информацию о состоянии производственных процессов практически в режиме реального времени.

Вторым направлением является широкое использование технологий интернета вещей (Internet of Things, IoT). Сенсорные устройства устанавливаются на сельскохозяйственной технике, объектах растениеводства, животноводческих комплексах и инженерной инфраструктуре предприятий. Получаемая информация автоматически

передается в корпоративные информационные системы, где используется для контроля технологических параметров, мониторинга технического состояния оборудования, управления микроклиматом помещений, контроля расхода кормов, воды, топлива и электроэнергии. Применение IoT позволяет значительно сократить влияние человеческого фактора, повысить оперативность управления и снизить эксплуатационные издержки.

Значительное развитие получили технологии точного земледелия. Использование спутниковой навигации, геоинформационных систем, дистанционного зондирования Земли и беспилотных летательных аппаратов обеспечивает пространственно дифференцированное управление сельскохозяйственным производством. На основе анализа цифровых карт полей, данных о состоянии почв, погодных условий и вегетации растений предприятия оптимизируют нормы внесения удобрений, средств защиты растений и объемы орошения. Такой подход позволяет одновременно повышать урожайность сельскохозяйственных культур, снижать расход материальных ресурсов и минимизировать негативное воздействие на окружающую среду.

Не менее активно цифровые технологии внедряются в животноводстве. Современные молочные и мясные комплексы используют автоматизированные системы идентификации животных, электронные средства мониторинга физиологического состояния, роботизированные системы кормления и доения, интеллектуальные комплексы управления воспроизводством стада. Интеграция данных о продуктивности, ветеринарном состоянии, рационе кормления и репродуктивных показателях позволяет своевременно выявлять отклонения, прогнозировать производственные результаты и принимать более обоснованные управленческие решения.

Отдельного внимания заслуживает применение технологий искусственного интеллекта и предиктивной аналитики. На основе накопленных массивов производственных данных современные информационные системы способны прогнозировать урожайность сельскохозяйственных культур, вероятность возникновения заболеваний животных, оптимальные сроки проведения технологических операций, потребность в материальных ресурсах и возможные производственные риски. Таким образом, система управления постепенно переходит от реактивной модели, основанной на устранении уже возникших проблем, к проактивному управлению, ориентированному на предупреждение потенциальных отклонений.

Еще одной характерной особенностью российской модели становится внедрение цифровых двойников производственных объектов. Цифровые модели позволяют воспроизводить технологические процессы в виртуальной среде, моделировать различные сценарии развития

производственной ситуации, оценивать последствия принимаемых решений и выбирать наиболее эффективные варианты организации производства. Несмотря на то что подобные технологии пока используются преимущественно крупнейшими агропромышленными компаниями, они постепенно становятся одним из наиболее перспективных направлений развития цифрового сельского хозяйства.

Следует отметить, что эффективность внедрения цифровых технологий определяется не количеством используемых программных продуктов, а степенью их интеграции в систему управления предприятием. Российская практика показывает, что наибольшие результаты достигаются в тех случаях, когда цифровизация сопровождается реорганизацией бизнес-процессов, совершенствованием организационной структуры управления и развитием цифровых компетенций персонала. Иными словами, цифровая трансформация представляет собой не технологический, а прежде всего организационно-управленческий процесс.

Вместе с тем анализ российских предприятий свидетельствует о сохранении ряда проблем, препятствующих дальнейшему развитию цифровых технологий. К числу наиболее существенных относятся высокая стоимость внедрения комплексных цифровых решений, дефицит специалистов, обладающих цифровыми компетенциями, различия в уровне цифровой зрелости предприятий, а также недостаточная совместимость отдельных информационных систем. Кроме того, значительная часть малых и средних хозяйств пока ограничивается внедрением отдельных элементов автоматизации без перехода к комплексной цифровой трансформации.

Несмотря на существующие ограничения, российский опыт убедительно демонстрирует, что цифровые технологии способны обеспечить существенное повышение эффективности агропромышленного производства. Их использование способствует сокращению производственных затрат, более рациональному использованию ресурсов, повышению производительности труда, улучшению качества управленческих решений и формированию устойчивых конкурентных преимуществ предприятий. Именно поэтому практика ведущих российских агрохолдингов представляет значительный интерес для Республики Казахстан, где многие сельскохозяйственные организации находятся на этапе формирования собственной стратегии цифровой трансформации.

Рассмотрим кейс цифровой трансформации группы компаний «ЭкоНива».

Группа компаний «ЭкоНива» является одним из крупнейших производителей сырого молока в Российской Федерации и входит в число наиболее технологически развитых агропромышленных предприятий

Восточной Европы. Динамика производственно-экономических показателей ГК «ЭкоНива» за 2023–2025 гг представлена в таблице 3.2

Таблица 3.2 – Динамика производственно-экономических показателей ГК «ЭкоНива» за 2023–2025 гг.

Показатель	2023 г.	2024 г.	2025 г.	Изменение 2025 г. к 2023 г.
Среднее поголовье КРС, тыс. голов	235,3	248,0	251,2	+6,8%
Среднее поголовье фуражных коров, тыс. голов	112,5	116,5	120,1	+6,8%
Производство сырого молока, млн т	1,26	1,35	1,45	+15,1%
Среднесуточное производство молока, тыс. т	3,44	3,68	3,97	+15,4%
Среднесуточный надой на одну фуражную корову, кг	30,5 ¹	31,7	33,1	+8,5%
Производство готовой молочной продукции, тыс. т	279,6	309,4	285,4	+2,1%
Валовой сбор товарных культур, млн т	1,30	1,08	1,24	–4,6%
Заготовка кормов в сухом веществе, тыс. т	н/д	972,0	>1 000	–

Примечание – Составлено авторами по данным ГК «ЭкоНива»

Динамика производственно-экономических показателей ГК «ЭкоНива» за 2023–2025 гг. свидетельствует о преимущественно интенсивном характере развития молочного направления. При увеличении среднего поголовья КРС на 6,8% и фуражного стада на 6,8% производство сырого молока возросло на 15,1%, а среднесуточный объем производства - на 15,4%. Таким образом, расширение выпуска обеспечивалось не только увеличением производственной базы, но и повышением продуктивности животных. В 2025 г. среднесуточный надой достиг 33,1 кг на одну фуражную корову против 31,7 кг в 2024 г.

Вместе с тем динамика отдельных направлений не является линейной. Объем производства готовой молочной продукции после роста до 309,4 тыс. т в 2024 г. снизился до 285,4 тыс. т в 2025 г., что компания связывает в том числе с сокращением производства продукции под собственными торговыми марками торговых сетей на партнерских площадках. В растениеводстве после снижения валового сбора товарных культур с порядка 1,30 млн т в 2023 г. до 1,08 млн т в 2024 г. в 2025 г. показатель восстановился до 1,24 млн т, однако еще не достиг уровня 2023 г.

Представленные показатели характеризуют общую динамику деятельности предприятия, однако сами по себе не позволяют определить вклад цифровизации в полученные результаты. Для выявления механизма воздействия цифровых решений необходимо перейти от анализа итоговых показателей к рассмотрению изменений непосредственно в бизнес-процессах предприятия. С этой целью основные направления цифровизации ГК «ЭкоНива» систематизированы в логике перехода от

текущего (AS-IS) к целевому (TO-BE) состоянию бизнес-процессов (таблица 3.3).

В отличие от многих предприятий, где цифровизация ограничивается внедрением отдельных программных продуктов, в «ЭкоНиве» реализован комплексный подход, предусматривающий цифровое сопровождение практически всех этапов производственного процесса.

Основой цифровой архитектуры предприятия является интеграция производственных, технологических и управленческих данных в единое информационное пространство. Производственные подразделения объединены корпоративной ERP-системой, обеспечивающей управление материальными ресурсами, производственным планированием, финансовыми потоками, кадровыми процессами и логистикой. Вместе с тем ключевое значение для молочного животноводства имеют специализированные цифровые решения по управлению стадом, позволяющие осуществлять непрерывный мониторинг физиологического состояния животных и контролировать показатели их продуктивности.

Одним из наиболее значимых элементов цифровой трансформации предприятия является внедрение автоматизированных систем идентификации животных. Каждое животное имеет индивидуальный электронный профиль, содержащий сведения о происхождении, возрасте, состоянии здоровья, продуктивности, воспроизводстве, рационе кормления и ветеринарных мероприятиях.

Представленная трансформация бизнес-процессов характеризует переход от локальной автоматизации отдельных операций к более интегрированной модели управления, в которой цифровые данные становятся ресурсом координации производственной деятельности. Наиболее отчетливо данный процесс проявляется в молочном направлении. За 2023–2025 гг. среднее поголовье фуражных коров ГК «ЭкоНива» увеличилось с 112,5 до 120,1 тыс. голов, или на 6,8%, тогда как производство сырого молока возросло с 1,26 до 1,45 млн т, или на 15,1%. Опережающий рост выпуска по сравнению с расширением производственной базы указывает на повышение интенсивности использования ресурсов. Среднесуточный надой на одну фуражную корову также увеличился и в 2025 г. достиг 33,1 кг против 31,7 кг в 2024 г.

Выявленная динамика развивается одновременно с расширением использования цифровых инструментов в ключевых бизнес-процессах предприятия. В управлении кормовой базой и кормлением применяются собственные решения EkoCrop и EkoFeed, обеспечивающие информационную взаимосвязь растениеводства, кормопроизводства и животноводства.

Таблица 3.3 – Трансформация бизнес-процессов ГК «ЭкоНива»: от текущего к целевому состоянию

Бизнес-процесс	Текущее состояние (AS-IS)	Целевое состояние (TO-BE)	Производственно-экономический эффект
Управление молочным производством и стадом	Фрагментарность производственной информации; зависимость контроля состояния стада; значительная роль человеческого фактора в контроле технологических операций	Интегрированное управление молочным производством на основе непрерывного сбора и анализа данных о состоянии стада, продуктивности и выполнении технологических операций	Рост продуктивности и интенсивности производства; сокращение информационных разрывов; повышение оперативности управленческих решений.
Кормление и формирование кормовой базы	Раздельное планирование операций кормления, кормопроизводства и растениеводства; согласование потребности стада с объемами и структурой кормовой базы	Интеграция процессов растениеводства, кормопроизводства и кормления на основе единого информационного контура и актуальных производственных данных	Рационализация использования кормовых и земельных ресурсов; снижение риска перерасхода кормов; повышение устойчивости кормообеспечения и продуктивности животных
Управление производственными операциями и ресурсами	Периодический контроль выполнения операций; неоднородность данных о состоянии производственных объектов и использовании ресурсов	Автоматизированный мониторинг производственных операций и ресурсов, выявление отклонений на основе цифровых данных, повышение стандартизации процессов	Снижение издержек; сокращение времени контроля; повышение производительности труда и эффективности использования ресурсов
Управление интегрированной системой предприятия	Информационная разобщенность отдельных функциональных и территориально распределенных подразделений; усложнение координации и сопоставления результатов деятельности	Формирование интегрированного цифрового контура, объединяющего данные животноводства, растениеводства, кормопроизводства и других взаимосвязанных процессов	Снижение информационной асимметрии; повышение прозрачности и координации бизнес-процессов; ускорение принятия решений; повышение общей эффективности управления

В производственных процессах молочных комплексов внедряются инструменты автоматизированного мониторинга, а использование искусственного интеллекта и компьютерного зрения расширяет возможности контроля технологических операций, включая процесс доения. В экономическом отношении значение таких решений состоит не только в автоматизации отдельных операций, но прежде всего в сокращении информационных разрывов между взаимосвязанными процессами и повышении качества распределения производственных ресурсов.

С экономической точки зрения цифровые данные в рассматриваемой модели выполняют функцию специфического управленческого ресурса. Их систематический сбор и интеграция снижают информационную асимметрию между подразделениями, сокращают затраты на поиск, передачу и обработку информации, повышают скорость выявления отклонений и создают условия для более рационального распределения кормовых, земельных, трудовых и производственных ресурсов. Следовательно, экономический эффект цифровой трансформации формируется как на уровне отдельных операций - через снижение потерь и повышение производительности, - так и на уровне предприятия в целом посредством уменьшения координационных и транзакционных издержек.

Вместе с тем установленную положительную динамику производственных показателей нельзя интерпретировать как прямой количественный эффект цифровизации. Рост производства и продуктивности определяется совокупным воздействием цифровых, технологических, генетических, кормовых, организационных и рыночных факторов. Поэтому опыт ГК «ЭкоНива» позволяет обоснованно говорить о взаимосвязи цифровой трансформации бизнес-процессов с повышением интенсивности и управляемости производства, но не о величине чистого экономического эффекта конкретного цифрового решения.

За последние годы компания сформировала комплексную цифровую экосистему управления молочным животноводством, объединяющую современные информационные системы, автоматизированное технологическое оборудование, средства мониторинга животных и аналитические платформы поддержки управленческих решений.

Использование электронных идентификаторов позволяет формировать непрерывную цифровую историю жизненного цикла каждой коровы, значительно повышая качество управленческих решений в области селекции, ветеринарии и организации производства.

Важное место в цифровой системе управления занимают технологии интернета вещей (IoT). На фермах используются многочисленные сенсоры, регистрирующие двигательную активность животных, продолжительность жвачки, потребление кормов и воды, изменения температуры тела и другие физиологические параметры. Полученная информация автоматически

передается в информационную систему предприятия, где анализируется в режиме реального времени. Это позволяет выявлять ранние признаки заболеваний, своевременно определять оптимальные сроки осеменения, прогнозировать изменения продуктивности и минимизировать производственные потери.

Существенное внимание компания уделяет автоматизации процессов доения. На современных молочных комплексах применяются автоматизированные доильные залы, оснащенные цифровыми средствами контроля качества молока, учета индивидуальной продуктивности животных и мониторинга технологических параметров доения. Информация поступает в централизованную систему управления, где используется для анализа производственных показателей и формирования рекомендаций по совершенствованию технологических процессов.

Особенностью цифровой модели «ЭкоНивы» является интеграция данных различных производственных подсистем в единую аналитическую среду. Руководители предприятия получают доступ к интерактивным панелям мониторинга (dashboard), отражающим ключевые показатели эффективности молочного производства. Это обеспечивает переход от традиционного оперативного управления к управлению на основе данных (data-driven management), когда большинство решений принимается с учетом объективной информации, поступающей непосредственно из производственных подразделений.

Значительное внимание уделяется и аналитике больших данных. Накопленные массивы информации используются для прогнозирования продуктивности животных, оценки эффективности рационов кормления, анализа репродуктивных показателей, планирования ветеринарных мероприятий и оптимизации производственных затрат. Постепенно возрастает роль элементов искусственного интеллекта, позволяющих автоматизировать выявление аномалий и формировать рекомендации по повышению эффективности производства.

Результаты цифровой трансформации подтверждают высокую эффективность комплексного подхода. Использование цифровых технологий способствует повышению продуктивности стада, сокращению производственных потерь, снижению затрат на ветеринарное обслуживание, улучшению качества молока и повышению оперативности управленческих решений. Одновременно существенно возрастает прозрачность производственных процессов, что позволяет руководству предприятия контролировать деятельность территориально распределенных производственных подразделений практически в режиме реального времени.

Опыт группы компаний «ЭкоНива» представляет особый интерес для Республики Казахстан, поскольку по своей специализации предприятие близко к крупным молочно-товарным фермам страны. Вместе

с тем анализ данного кейса показывает, что ключевым фактором успеха является не использование отдельных цифровых технологий, а их интеграция в единую систему управления бизнес-процессами. Именно комплексный подход обеспечивает синергетический эффект цифровой трансформации, позволяя объединить данные производственного учета, ветеринарного сопровождения, кормления, воспроизводства, финансового планирования и логистики в единую цифровую экосистему управления.

Проведенный анализ российского опыта показывает, что его значение для Республики Казахстан определяется не возможностью прямого переноса отдельных цифровых решений, а выявлением организационно-экономических принципов цифровой трансформации агропромышленных предприятий. Близость производственных условий, значительная территориальная распределенность сельскохозяйственного производства и наличие крупных вертикально интегрированных предприятий делают отдельные элементы российской практики релевантными для казахстанского агропромышленного сектора. Вместе с тем различия в масштабах предприятий, инвестиционных возможностях и уровне цифровой зрелости требуют селективного подхода к их адаптации.

Наиболее значимым является переход от фрагментарной автоматизации к цифровой трансформации взаимосвязанных бизнес-процессов. Опыт ГК «ЭкоНива» показывает, что экономическая ценность цифровизации возрастает при интеграции данных животноводства, кормления, кормопроизводства, растениеводства и управления производственными объектами. Для казахстанских агропромышленных предприятий это означает необходимость смещения акцента с приобретения отдельных цифровых технологий на формирование единого информационного контура предприятия, обеспечивающего использование производственных данных в планировании, контроле и принятии управленческих решений.

Особое значение данный подход имеет для молочно-товарных ферм. В условиях высокой зависимости себестоимости молока от продуктивности животных, рационов кормления, использования оборудования, организации труда и соблюдения технологических режимов цифровизация должна быть ориентирована прежде всего на те бизнес-процессы, изменение которых способно непосредственно влиять на использование ресурсов и производственные результаты. При этом внедрение цифровых решений целесообразно предварять анализом существующих бизнес-процессов, выявлением информационных разрывов, непроизводительных операций и точек возникновения потерь.

Российский опыт также свидетельствует о целесообразности поэтапной цифровой трансформации. Для большинства казахстанских сельскохозяйственных предприятий экономически более обоснованным представляется переход от цифрового учета и мониторинга отдельных

критически значимых процессов к интеграции данных между ними и только затем — к применению более сложных инструментов аналитики, искусственного интеллекта и компьютерного зрения. Такой подход позволяет соотносить глубину цифровизации с масштабом предприятия, его финансовыми возможностями и фактическим уровнем цифровой зрелости.

С экономической позиции принципиальным является и требование измеримости результатов цифровой трансформации. Как показал анализ ГК «ЭкоНива», положительная динамика производственных показателей развивается одновременно с расширением использования цифровых инструментов, однако публичные данные не позволяют количественно выделить чистый эффект отдельных технологий. Поэтому при адаптации подобных практик в Казахстане цифровые проекты целесообразно изначально связывать с системой измеримых показателей бизнес-процессов: продолжительностью операций и производственного цикла, производительностью труда, расходом кормов и других ресурсов на единицу продукции, уровнем потерь, простоями оборудования, продуктивностью животных и себестоимостью продукции. Это позволит оценивать цифровизацию не по количеству внедренных решений, а по создаваемому ими экономическому эффекту.

Таким образом, российский опыт позволяет выделить четыре принципа, представляющих интерес для агропромышленного сектора Республики Казахстан: процессную направленность цифровизации, интеграцию производственных данных, поэтапность цифровой трансформации и оценку ее результатов посредством экономических показателей. При этом возможность их применения должна определяться с учетом масштаба предприятия, доступности цифровой инфраструктуры, кадровых компетенций и экономической целесообразности инвестиций. Сравнение этих принципов с практиками стран Восточной Европы и Республики Корея позволит далее определить, какие элементы различных международных моделей обладают наибольшим потенциалом адаптации к условиям Казахстана.

3.3 Модели и практики цифровой трансформации предприятий стран Восточной Европы

Опыт стран Восточной Европы представляет особый интерес для исследования цифровой трансформации предприятий, поскольку формирование современных цифровых моделей в данном регионе происходило в условиях сочетания структурной модернизации экономики, интеграции в европейское экономическое пространство и необходимости сокращения технологического разрыва с более развитыми странами Европейского союза. В отличие от государств Западной Европы, где

цифровизация стала в значительной степени продолжением длительного процесса индустриального и постиндустриального развития, для стран Восточной Европы характерна модель «догоняющей цифровизации», сочетающая заимствование технологических и управленческих практик с формированием собственных механизмов модернизации предприятий.

При этом Восточную Европу нельзя рассматривать как однородное цифровое пространство. Польша, Чехия, Словакия, Венгрия, Румыния и Болгария существенно различаются по уровню развития цифровой инфраструктуры, цифровым компетенциям населения и работников, степени интеграции информационно-коммуникационных технологий в деятельность предприятий и зрелости электронных государственных сервисов. Эти различия обусловили неодинаковую скорость цифровой трансформации и, что особенно важно, различную роль государства, бизнеса и институтов инновационной инфраструктуры в ее осуществлении.

Характерной особенностью восточно-европейской траектории является тесная связь цифровой трансформации с модернизацией производственной базы предприятий. Наиболее отчетливо данный подход проявляется в Польше, Чехии и Словакии, где цифровизация получила развитие в логике Industry 4.0. В данном случае цифровые технологии рассматриваются не как самостоятельный элемент информатизации, а как средство повышения эффективности производственных систем посредством автоматизации, интеграции оборудования и информационных систем, использования промышленного интернета вещей, цифровых моделей и аналитики производственных данных. Материалы исследования подтверждают, что именно Польша и Чехия относятся к наиболее технологически ориентированным странам рассматриваемой группы, тогда как их модели в большей степени связаны с производственной цифровизацией и интеграцией ИКТ непосредственно в деятельность предприятий.

Другой особенностью региона является значительная роль институциональных механизмов поддержки цифровой трансформации. Для предприятий, не располагающих финансовыми и кадровыми ресурсами крупных корпораций, доступ к цифровым технологиям во многом обеспечивается через государственные программы, субсидирование, специализированные ИТ-хабы и другие элементы инновационной инфраструктуры. Наиболее отчетливо данная особенность проявляется в Венгрии и Румынии, где цифровая модернизация развивается посредством сочетания государственной поддержки, частных инвестиций и распространения корпоративных практик крупных международных компаний. В результате государство выполняет не только регулирующую, но и стимулирующую функцию, снижая часть инвестиционных и организационных барьеров цифровой трансформации.

Существенное значение в формировании восточноевропейских моделей приобретает развитие «инновационных экосистем», обеспечивающих взаимодействие предприятий с научными и образовательными организациями, технологическими компаниями и государственными институтами. В странах региона развиваются ИТ-хабы, технопарки, акселерационные программы, академические альянсы и центры цифровых инноваций. Особая роль принадлежит форматам Digital Innovation Hubs и Living Labs, позволяющим предприятиям получать доступ к компетенциям и проводить апробацию цифровых решений в условиях, приближенных к реальным производственным процессам.

С экономической точки зрения такой механизм имеет принципиальное значение. Для малых и средних предприятий цифровая трансформация связана не только со стоимостью приобретения оборудования и программных решений, но и с затратами на поиск подходящей технологии, оценку ее применимости, обучение персонала, интеграцию с существующими системами и риском получения недостаточного эффекта от инвестиций. Использование общей инновационной инфраструктуры позволяет частично распределить данные издержки и риски между участниками цифровой экосистемы. Тем самым цифровые хабы, пилотные площадки и механизмы государственной поддержки могут рассматриваться не только как элементы технологической политики, но и как экономические институты снижения барьеров цифровой трансформации предприятий.

Вместе с тем результаты цифровизации в странах региона остаются неоднородными. В исходном исследовании отмечаются различия цифровой зрелости: более высокие позиции занимают Чехия и Польша, тогда как для Румынии и Болгарии особенно существенными остаются ограничения в области цифровых навыков и интеграции ИКТ в деятельность бизнеса. Такая дифференциация свидетельствует о том, что наличие цифровой инфраструктуры само по себе не обеспечивает трансформацию предприятий. Необходимым условием становится способность организаций интегрировать технологии в бизнес-процессы, обеспечить соответствующие компетенции работников и использовать формируемые цифровые данные в операционном и стратегическом управлении.

Для агропромышленных предприятий данный вывод имеет особое значение. Цифровая трансформация АПК требует взаимодействия технологически различных, но экономически взаимосвязанных процессов - производства сельскохозяйственного сырья, использования материальных ресурсов, переработки, контроля качества, хранения, логистики и реализации продукции. Следовательно, ценность восточноевропейского опыта для настоящего исследования определяется не столько возможностью заимствования конкретного оборудования или

программного продукта, сколько механизмами, обеспечивающими интеграцию цифровых решений в систему бизнес-процессов предприятия и снижение экономических барьеров их внедрения.

Формирование моделей цифровой трансформации в странах Восточной Европы определяется взаимодействием нескольких факторов: исходным уровнем технологической и цифровой зрелости экономики, характером государственной поддержки, структурой промышленности, инвестиционными возможностями предприятий, развитием цифровых компетенций и наличием инновационной инфраструктуры. Различное сочетание этих факторов привело к формированию нескольких траекторий цифровой трансформации: от преимущественно производственной цифровизации на принципах Industry 4.0 до государственно-частных и сервисно-ориентированных механизмов. Исходный материал также прямо выделяет три соответствующие модели, которые целесообразно систематизировать и сопоставить далее.

Проведенный анализ показывает, что различия институциональных условий, структуры экономики и уровня цифровой зрелости стран Восточной Европы обусловили формирование нескольких моделей цифровой трансформации предприятий. В исходном исследовании выделены три доминирующие модели: индустриальная модель на основе концепции Industry 4.0, характерная прежде всего для Польши, Чехии и Словакии; смешанная государственно-частная модель, получившая распространение в Венгрии и Румынии; сервисно-ориентированная модель, наиболее выраженная в Болгарии, а в более широком региональном контексте — в Латвии и Эстонии.

Принципиальное различие между данными моделями заключается не столько в наборе применяемых цифровых технологий, сколько в механизме организации цифровой трансформации и источниках формирования ее экономического эффекта. В одном случае основным объектом преобразования становится производственная система предприятия, в другом - механизм взаимодействия государства и бизнеса при осуществлении цифровых инвестиций, в третьем - цифровая среда предоставления услуг и информационного взаимодействия. Поэтому для целей настоящего исследования целесообразно сопоставить модели не по перечню технологий, а по их институциональной основе, механизму трансформации, охвату бизнес-процессов и ожидаемым экономическим результатам.

Выделенные модели различаются не только составом используемых цифровых технологий, но и механизмами их внедрения, ролью государства и бизнеса, характером охвата бизнес-процессов и источниками формирования экономического эффекта. Поэтому их сопоставление требует перехода от странового описания к единой системе критериев, позволяющей определить функциональные и экономические различия

между сложившимися подходами к цифровой трансформации. В таблице 3.4 систематизированы основные характеристики выделенных моделей с учетом их институциональной основы, механизмов трансформации, применяемых цифровых решений, трансформируемых бизнес-процессов, ожидаемых производственно-экономических эффектов и существующих ограничений.

Как показывают результаты сравнительного анализа, различия между представленными моделями проявляются прежде всего в объекте и механизме цифровой трансформации. В индустриальной модели основным объектом преобразований выступают производственные процессы предприятия, в смешанной государственно-частной модели акцент смещается на создание институциональных и инвестиционных условий цифровизации, тогда как сервисно-ориентированная модель концентрируется преимущественно на цифровизации внешних взаимодействий и предоставлении услуг.

Переход от национальных моделей цифровой трансформации к уровню отдельных предприятий позволяет определить, каким образом институциональные условия и технологические приоритеты стран Восточной Европы реализуются непосредственно в бизнес-процессах.

Если рассмотренные выше модели характеризуют общую архитектуру цифровизации, то корпоративные практики позволяют выявить конкретные механизмы интеграции цифровых технологий в производственную и управленческую деятельность, а также направления формирования экономического эффекта.

В имеющемся материале наиболее показательные корпоративные практики представлены предприятиями Польши, Чехии и Словакии, где цифровая трансформация развивается преимущественно в рамках индустриальной модели Industry 4.0. Вместе с тем данные примеры относятся главным образом к промышленным предприятиям. Поэтому применительно к предмету настоящего исследования они рассматриваются не как непосредственные аналоги агропромышленных предприятий, а как источник организационно-технологических механизмов цифровой трансформации, потенциально переносимых на отдельные бизнес-процессы АПК. Такой подход позволяет избежать прямого отождествления промышленной и аграрной цифровизации и одновременно выявить универсальные принципы преобразования бизнес-процессов.

В Польше одним из характерных примеров является практика PKN Orlen, где цифровая модернизация связана с применением промышленного Интернета вещей, MES-систем и цифровых двойников.

Для данной практики принципиальным является формирование информационной взаимосвязи между состоянием производственных объектов, выполнением технологических операций и системой управления.

Таблица 3.4 - Сравнительная характеристика основных моделей цифровой трансформации предприятий Восточной Европы.

Критерий	Индустриальная модель Industry 4.0	Смешанная государственно-частная модель	Сервисно-ориентированная модель
Страны	Польша, Чехия, Словакия	Венгрия, Румыния	Болгария; Латвия, Эстония
Основная направленность	Цифровая модернизация производственных систем	Стимулирование цифровой трансформации	Развитие цифровых сервисов и электронной среды взаимодействия
Ключевой механизм трансформации	Интеграция оборудования, информационных систем и производственных данных	Господдержка, инвестиции бизнеса, цифровые хабы и распространение практик	Перевод взаимодействий и услуг в цифровую среду, развитие платформенных решений
Преобладающие цифровые решения	IoT, MES/ERP, автоматизация, цифровые двойники, ИИ и паналитика	Корпоративные информационные системы, облачные решения.	eGovernment, eID, электронный документооборот, цифровые сервисы
Основные трансформируемые процессы	Производство, техническое обслуживание, управление ресурсами	бизнес- процессы, инвестиционное и инновационное развитие фирм	Документооборот, информационное взаимодействие, процессы
Роль государства	Формирование условий и инфраструктуры модернизации	Стимулирование цифровых инвестиций и снижение барьеров	Создание цифровой инфраструктуры и государственных электронных сервисов
Роль предприятия	Инвестирование и интеграция технологий непосредственно в производственные процессы	Участие в цифровых проектах и использование механизмов гос. поддержки	Использование цифровой инфраструктуры, взаимодействие в электронном формате
Производственно-экономический эффект	Повышение производительности, снижение затрат, эффективность использования ресурсов	Снижение инвестиционных барьеров, расширение доступа к технологиям.	Сокращение транзакционных издержек, времени взаимодействия и административных затрат
Основное ограничение	Высокая капиталоемкость и требования к цифровой зрелости предприятия	Трансформация от качества институтов поддержки и доступности финансирования	Ограниченность прямого воздействия на производительность производственных процессов

Цифровые данные в этом случае используются не только для фиксации результатов деятельности, но и для мониторинга производственных процессов и предупреждения возможных отклонений. В результате изменяется сам механизм контроля: периодическое получение информации постепенно заменяется непрерывным мониторингом состояния производственной системы. В исходном материале польская модель также характеризуется сочетанием IoT, цифровых двойников и MES-систем.

С экономической точки зрения такой подход представляет интерес прежде всего возможностью сокращения незапланированных простоев, повышения загрузки оборудования и снижения потерь, связанных с несвоевременным выявлением технологических отклонений. Для агропромышленного предприятия аналогичный принцип может применяться при эксплуатации сельскохозяйственной техники, оборудования животноводческих комплексов, систем кормления, доения, охлаждения и хранения продукции. Следовательно, переносимым является не конкретное промышленное решение, а переход от периодического контроля производственных активов к управлению на основе непрерывно формируемых данных.

В Чехии цифровая трансформация предприятий развивается в сочетании с кластерными механизмами и интеграцией производственных и корпоративных информационных систем. В исходном исследовании чешская модель характеризуется использованием ERP, автоматизации и искусственного интеллекта в производстве. Показательным корпоративным примером выступает Škoda Auto, практика которой демонстрирует переход от автоматизации отдельных операций к интеграции данных различных функциональных областей предприятия.

В данном случае особое значение имеет не столько уровень автоматизации непосредственно производственной линии, сколько способность предприятия объединять данные производства, использования ресурсов, качества и управления в общем информационном пространстве. С экономической точки зрения такая интеграция сокращает информационные разрывы между функциональными подразделениями и создает предпосылки для повышения скорости и обоснованности управленческих решений.

Для агропромышленного предприятия аналогичный принцип означает необходимость интеграции данных растениеводства, животноводства, кормопроизводства, складского хозяйства, логистики и экономического учета вместо их обработки в изолированных информационных системах.

В Словакии характерным примером является Volkswagen Slovakia, где цифровизация связана с автоматизацией, применением киберфизических систем и интеграцией предприятия в более широкую

корпоративную цифровую инфраструктуру. Значение данного опыта состоит в демонстрации еще одного принципа цифровой трансформации — стандартизации и информационной связанности территориально и функционально распределенных бизнес-процессов. Для крупных агропромышленных предприятий данный механизм представляет особый интерес вследствие территориальной распределенности производственных площадок, сельскохозяйственных земель, животноводческих комплексов, складов и логистических объектов.

При этом корпоративные практики Восточной Европы не ограничиваются индустриальной моделью. В Венгрии и Румынии цифровая трансформация предприятий развивается в условиях более выраженного взаимодействия бизнеса с государственными и инновационными институтами. В исходном материале для Венгрии выделяются механизмы поддержки МСП и локальные ИТ-хабы, тогда как для Румынии характерно сочетание государственных программ с распространением корпоративных стандартов международных компаний. В данном случае объектом анализа становится уже не отдельная технология, а механизм доступа предприятий к цифровым решениям, компетенциям и инфраструктуре.

Особое значение такой подход приобретает для малых и средних предприятий, поскольку собственная разработка сложных цифровых систем зачастую экономически нецелесообразна. Использование внешних центров компетенций, технологических платформ и пилотных площадок позволяет уменьшить первоначальные затраты на поиск и апробацию решений и снизить риск инвестирования в технологии, не соответствующие реальным потребностям предприятия.

Именно данный механизм может иметь самостоятельное значение для цифровизации сельскохозяйственных предприятий, значительная часть которых не обладает ресурсами крупных вертикально интегрированных компаний.

Обобщение рассмотренных корпоративных практик показывает, что, несмотря на отраслевые и страновые различия, в их основе прослеживаются общие механизмы цифровой трансформации: автоматизированный сбор производственных данных, интеграция информационных систем, переход к непрерывному мониторингу, повышение связанности бизнес-процессов и использование цифровой инфраструктуры для снижения барьеров внедрения технологий.

Для определения экономического содержания данных практик целесообразно сопоставить их не по количеству используемых цифровых решений, а по объекту трансформации, характеру изменения бизнес-процессов и формируемому производственно-экономическому эффекту (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Корпоративные практики и механизмы цифровой трансформации предприятий стран Восточной Европы

Страна / практика	Объект цифровой трансформации	Механизм изменения бизнес-процессов	Производственно-экономическое значение	Потенциал применения в АПК
Польша/ PKN Orlen	Производственные объекты и оборудование	Непрерывный мониторинг, интеграция данных, цифровое моделирование	Сокращение простоев, повышение эффективности использования оборудования	Мониторинг сельхозтехники, оборудования МТФ, переработки и хранения
Чехия/ Škoda Auto	Производственные и управленческие процессы	Интеграция ERP, автоматизации, аналитики и производственных данных	Снижение информационных разрывов, повышение скорости и качества решений	Интеграция данных, кормопроизводства, учета и логистики
Словакия/ Volkswagen Slovakia	Распределенные производственные процессы	Автоматизация, стандартизация и цифровая связанность систем	Повышение координации и управляемости распределенных процессов	Координация территориально распределенных подразделений агропредприятия
Венгрия/ практика поддержки МСП	Цифровая модернизация малых и средних предприятий	Использование ИТ-хабов, внешних компетенций и механизмов поддержки	Снижение первоначальных инвестиционных и организационных барьеров	Доступ МСП АПК к цифровым решениям без создания собственной ИТ-инфраструктуры
Румыния/ государственно-корпоративная практика	Производственные и управленческие системы предприятий	Сочетание государственных программ и корпоративных стандартов	Ускорение технологического трансфера и распространения цифровых практик	Трансфер апробированных решений и их адаптация

Примечание – Составлено авторами на основе обобщения материалов исследования моделей цифровой трансформации предприятий Восточной Европы.

Анализ практик цифровой трансформации предприятий Восточной Европы показывает, что экономическое значение цифровых технологий определяется не самим фактом их внедрения, а характером изменений, которые они вызывают в организации и выполнении бизнес-процессов. Автоматизация отдельных операций способна обеспечить локальный эффект, однако более глубокая цифровая трансформация возникает при интеграции производственных, информационных и управленческих процессов, когда данные становятся частью механизма планирования,

контроля и принятия решений. Рассмотренные практики Industry 4.0 особенно отчетливо демонстрируют переход от локального использования цифровых инструментов к формированию взаимосвязанных цифровых производственных систем. В исследуемых странах такая модель наиболее характерна для Польши, Чехии и Словакии.

С позиции процессного подхода принципиальным является изменение механизма управления предприятием. В традиционной модели информация о выполнении операций формируется с определенной временной задержкой, передается между подразделениями и затем используется для принятия корректирующих решений. При цифровой трансформации сбор и обработка данных все в большей степени осуществляются непосредственно в ходе выполнения процесса. Это сокращает временной разрыв между возникновением отклонения, его обнаружением и управленческой реакцией, создавая предпосылки для перехода от преимущественно реактивного к оперативному и прогнозному управлению.

Особое значение имеет интеграция данных между функционально связанными процессами. Восточноевропейская индустриальная модель характеризуется применением IoT, ERP и MES-систем, автоматизации, цифровых двойников и искусственного интеллекта. Однако с экономической точки зрения результат формируется не отдельной технологией, а возможностью устранения информационных разрывов между производством, техническим обслуживанием, использованием ресурсов, контролем качества и логистикой.

Для систематизации выявленных изменений целесообразно представить восточноевропейские практики в логике перехода от текущего состояния бизнес-процессов к их целевому состоянию. При этом состояния AS-IS и TO-BE используются не как характеристика конкретного предприятия, а как авторское аналитическое обобщение рассмотренных корпоративных практик. Это позволяет определить основные направления изменения организации бизнес-процессов и связанные с ними производственно-экономические результаты (таблица 3.6).

Как следует из таблицы 3.6, наиболее существенное изменение связано с изменением роли информации в бизнес-процессах. В исходном состоянии данные преимущественно фиксируют уже выполненные операции и используются для последующего контроля. В целевом состоянии они формируются непосредственно в ходе выполнения процесса и становятся ресурсом оперативного управления. В результате сокращается временной лаг между возникновением производственного события и принятием соответствующего решения.

Второе направление связано с переходом от функциональной разобщенности к интеграции бизнес-процессов.

Таблица 3.6 – Трансформация бизнес-процессов предприятий в рамках восточно-европейских моделей цифровизации

Бизнес-процесс	Текущее состояние (AS-IS)	Целевое состояние (TO-BE)	Производственно-экономический результат
Управление производственными операциями	Периодический контроль выполнения операций; локальная автоматизация; зависимость выявления отклонений от действий персонала	Цифровой мониторинг, автоматизированная фиксация параметров процессов и оперативное выявление отклонений	Сокращение времени контроля и производственных потерь; повышение производительности и стабильности выполнения операций
Управление оборудованием и производственными активами	Преимущественно регламентное техническое обслуживание; ограниченность данных о фактическом состоянии оборудования	Мониторинг технического состояния, использование данных для прогнозирования обслуживания и предупреждения отказов	Сокращение незапланированных простоев и затрат на обслуживание; повышение эффективности использования активов
Управление ресурсами	Разрозненные данные о потреблении материальных, энергетических и трудовых ресурсов	Интеграция данных о наличии, движении и потреблении ресурсов с производственным планированием	Снижение удельного расхода ресурсов и потерь; повышение эффективности их распределения
Управление качеством	Контроль преимущественно после выполнения отдельных операций или завершения производственного цикла	Встраивание цифрового контроля качества непосредственно в процесс и идентификация отклонений	Снижение вероятности брака и потерь; повышение стабильности качества продукции
Логистика и цепочки поставок	Фрагментарный обмен информацией между производством, складом, поставщиками и потребителями	Цифровая связанность участников и повышение прозрачности движения ресурсов и продукции	Сокращение времени согласования и логистических операций; снижение запасов и транзакционных издержек
Управление предприятием и принятие решений	Информация распределена между функциональными подразделениями и информационными системами;	Интеграция производственной и управленческой информации, аналитическая поддержка принятия решений	Сокращение издержек; повышение скорости и обоснованности управленческих решений

Применение ERP, MES, IoT и других инструментов создает техническую основу для обмена данными между производством, ресурсным обеспечением, техническим обслуживанием, качеством и логистикой. Именно данный механизм представляет наибольший интерес с экономической точки зрения, поскольку информационная разобщенность подразделений формирует дополнительные затраты на передачу, проверку, согласование и повторную обработку информации. Ее сокращение позволяет уменьшать не только операционные, но и координационные и транзакционные издержки предприятия.

Третьим направлением является изменение характера управления производственными рисками. Накопление данных о состоянии оборудования и выполнении операций создает возможности для более раннего выявления отклонений и перехода к прогнозному обслуживанию производственных активов. Экономический эффект в данном случае формируется через сокращение вероятности незапланированных остановок, повышение коэффициента использования оборудования и снижение потерь, связанных с нарушением производственного процесса.

Для агропромышленных предприятий рассматриваемые механизмы имеют непосредственное прикладное значение, хотя конкретные технологии требуют отраслевой адаптации. Так, непрерывный мониторинг производственного оборудования может быть распространен на сельскохозяйственную технику, доильное и холодильное оборудование; интегрированное управление ресурсами — на корма, семена, удобрения, топливо и другие материальные ресурсы; цифровой контроль качества — на производство, хранение и переработку сельскохозяйственной продукции; интеграция логистических данных — на движение продукции от производителя к переработчику и конечному рынку.

При этом не следует утверждать, что каждый из перечисленных экономических результатов автоматически возникает вследствие внедрения соответствующей технологии. Фактический эффект зависит от исходной организации бизнес-процессов, масштаба предприятия, уровня интеграции информационных систем, квалификации работников и способности руководства использовать цифровые данные в принятии решений. Следовательно, технология выступает инструментом изменения бизнес-процесса, тогда как экономический результат определяется качеством организационной трансформации в целом.

Несмотря на развитие цифровой инфраструктуры и расширение практик Industry 4.0, цифровая трансформация предприятий стран Восточной Европы характеризуется существенной неоднородностью. Различия проявляются как между отдельными странами, так и между предприятиями различного масштаба и уровня технологической зрелости. В исходном исследовании отмечается, что наряду с инфраструктурными и кадровыми ограничениями сохраняются инерционность организационной

культуры, недостаточная восприимчивость предприятий к изменениям и фрагментарность управления знаниями. В совокупности данные факторы формируют институциональные ограничения цифровой трансформации.

Одним из наиболее значимых ограничений является цифровой разрыв между крупными предприятиями и субъектами малого и среднего бизнеса. Крупные компании располагают большими возможностями для финансирования ERP- и MES-систем, промышленного Интернета вещей, искусственного интеллекта и других капиталоемких решений, а также способны формировать собственные подразделения цифрового развития. Для МСП первоначальные инвестиции и последующие расходы на интеграцию, сопровождение и обновление цифровых систем становятся значительно более существенным ограничением относительно масштабов их деятельности. Поэтому технологическая доступность цифрового решения еще не означает его экономической доступности для конкретного предприятия.

В агропромышленном секторе данная проблема приобретает дополнительное значение вследствие высокой доли малых и средних хозяйств и территориальной распределенности производственной деятельности. Более того, современное исследование внедрения Agriculture 4.0 в малых и средних предприятиях Восточной Европы на примере Болгарии также рассматривает устойчивое внедрение цифровых технологий именно в контексте специфики МСП, что подтверждает актуальность проблемы масштаба предприятия для аграрной цифровизации.

Вторую группу ограничений образуют дефицит цифровых компетенций и различия в качестве человеческого капитала. Наличие цифровой инфраструктуры и программного обеспечения не гарантирует их эффективного использования, если работники не обладают необходимыми навыками работы с данными, цифровыми системами и аналитическими инструментами. В исходных материалах наиболее заметное отставание по цифровым навыкам отмечается для Румынии и Болгарии, тогда как Чехия и Польша демонстрируют более высокие характеристики цифровой зрелости.

С экономической точки зрения дефицит компетенций увеличивает совокупную стоимость цифровой трансформации. Помимо прямых инвестиций в оборудование и программные решения, предприятие вынуждено нести расходы на обучение работников, привлечение внешних специалистов, реорганизацию функций и адаптацию существующих бизнес-процессов. При недостаточной квалификации персонала возрастает также риск неполного использования функциональных возможностей приобретенных цифровых решений, вследствие чего фактическая отдача от инвестиций может оказаться ниже ожидаемой.

Третьим ограничением является фрагментарность информационных систем и недостаточная интероперабельность цифровых решений. Внедрение отдельных программных продуктов без их интеграции способно привести к формированию новых информационных разрывов вместо их устранения. Различные подразделения предприятия могут использовать несовместимые форматы данных, автономные информационные системы и различные процедуры учета. В результате часть потенциального эффекта цифровизации нивелируется дополнительными затратами на передачу, преобразование и согласование информации.

Особенно критичным данный барьер становится при переходе от автоматизации отдельных операций к сквозной цифровой трансформации бизнес-процессов. Если производственные, логистические, финансовые и управленческие системы не обеспечивают необходимого обмена данными, цифровизация сохраняет локальный характер. Следовательно, экономическая эффективность цифровой трансформации определяется не только технологическими характеристиками отдельных решений, но и стоимостью их интеграции в существующую архитектуру предприятия.

Еще одной группой ограничений выступают инвестиционная неопределенность и сложность предварительной оценки экономического эффекта. В отличие от традиционного приобретения производственного оборудования, результат цифрового проекта нередко формируется одновременно в нескольких процессах и проявляется через сокращение времени операций, повышение качества информации, уменьшение простоев, снижение потерь или повышение скорости принятия решений. Часть таких результатов сложно непосредственно выразить в денежной форме до начала проекта.

Вследствие этого предприятие сталкивается с проблемой соотношения первоначальных затрат и неопределенного будущего результата. Особенно существенно это для МСП, где неудачный цифровой проект может занимать значительную долю инвестиционного бюджета. Именно поэтому распространение в странах Восточной Европы цифровых инновационных центров, ИТ-хабов, акселерационных программ и living labs имеет экономическое значение: они создают возможности предварительного тестирования решений и снижения части технологических и инвестиционных рисков. Развитие подобных посреднических структур отмечается в исследуемых странах региона.

Таким образом, барьеры цифровой трансформации целесообразно рассматривать не изолированно, а через их воздействие на стоимость, риск и результативность цифровых инвестиций. Их взаимосвязь систематизирована в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Основные барьеры цифровой трансформации предприятий Восточной Европы и их экономические последствия

Барьер	Проявление на уровне предприятия	Экономическое последствие
Ограниченность инвестиционных ресурсов	Высокие первоначальные затраты на оборудование, программные решения и интеграцию	Ограничение масштабов цифровизации; увеличение срока окупаемости; приоритет локальных решений
Недостаток цифровых компетенций	Дефицит специалистов и навыков использования цифровых систем и данных	Рост затрат на обучение и привлечение специалистов; риск недоиспользования цифровых решений
Фрагментарность информационных систем	Изолированное функционирование цифровых решений и баз данных	Рост затрат на обработку и согласование информации; сохранение информационных разрывов
Недостаточная интероперабельность	Сложность интеграции решений разных поставщиков	Дополнительные интеграционные затраты; ограничение сквозной цифровизации процессов
Неопределенность экономического эффекта	Сложность предварительной оценки результатов цифрового проекта	Повышение инвестиционного риска; сдерживание крупных цифровых инвестиций
Организационное сопротивление изменениям	Сохранение традиционных процедур при наличии новых цифровых инструментов	Неполное использование технологического потенциала; снижение отдачи от инвестиций
Неравномерность цифровой инфраструктуры	Различная доступность связи, облачных и цифровых сервисов	Территориальная дифференциация возможностей цифровизации предприятий

Примечание – Составлено авторами на основе обобщения материалов исследования цифровой трансформации предприятий стран Восточной Европы.

Представленные ограничения имеют взаимосвязанный характер и способны формировать кумулятивный эффект. Например, недостаток инвестиционных ресурсов ограничивает возможность приобретения интегрированных цифровых решений, вследствие чего предприятие внедряет отдельные технологии фрагментарно. Их последующая интеграция требует дополнительных затрат и цифровых компетенций, дефицит которых, в свою очередь, снижает результативность первоначальных инвестиций. Поэтому цифровая трансформация предприятия может оказаться в своеобразной «ловушке фрагментарной цифровизации», когда количество используемых цифровых инструментов увеличивается, однако принципиального изменения бизнес-процессов и соответствующего экономического эффекта не происходит.

Опыт стран Восточной Европы показывает, что преодоление подобных ограничений требует сочетания решений на уровне предприятия и институциональной среды. На уровне предприятия ключевое значение приобретают предварительный анализ бизнес-процессов, поэтапность внедрения, обеспечение совместимости информационных систем и оценка результатов цифровизации посредством измеримых показателей. На институциональном уровне необходимы механизмы, снижающие стоимость доступа к технологиям и компетенциям, включая цифровые инновационные центры, пилотные площадки, программы поддержки МСП и взаимодействие предприятий с университетами и технологическими компаниями. Именно данная комбинация представляет особый интерес при оценке возможностей адаптации восточноевропейского опыта к условиям агропромышленного сектора Республики Казахстан.

Проведенный анализ опыта стран Восточной Европы показывает, что его значение для Республики Казахстан заключается не столько в возможности заимствования отдельных цифровых технологий, сколько в использовании механизмов организации и экономического обеспечения цифровой трансформации предприятий. Восточноевропейская практика демонстрирует несколько траекторий преобразований — от производственной цифровизации на принципах Industry 4.0 до государственно-частных механизмов поддержки и развития цифровой сервисной инфраструктуры. Их сочетание подтверждает, что результативность цифровой трансформации определяется взаимосвязью технологических возможностей предприятия, институциональной среды и экономической обоснованности цифровых инвестиций.

Для агропромышленного сектора Казахстана особый интерес представляет поэтапный принцип цифровой трансформации. Опыт предприятий Восточной Европы свидетельствует о целесообразности первоначального внедрения цифровых решений в тех бизнес-процессах, где возможно получение измеримого производственного или экономического результата, с последующим объединением локальных решений в интегрированный информационный контур. Такой подход особенно актуален для казахстанских сельскохозяйственных предприятий, существенно различающихся по масштабам деятельности, финансовым возможностям и уровню цифровой зрелости.

Вторым значимым направлением является обеспечение интеграции и интероперабельности цифровых решений. Восточноевропейская индустриальная модель показывает, что наибольший эффект возникает не при увеличении количества автономно используемых технологий, а при объединении производственных и управленческих данных. Для агропромышленных предприятий Казахстана это предполагает необходимость информационной взаимосвязи процессов растениеводства, животноводства, кормопроизводства, технического обслуживания,

складского хозяйства, контроля качества, логистики и экономического учета. Такой подход позволяет сокращать информационные разрывы между подразделениями и создает предпосылки для снижения координационных издержек.

Особого внимания заслуживает восточноевропейский опыт поддержки цифровой трансформации малых и средних предприятий. Развитие ИТ-хабов, цифровых инновационных центров, пилотных площадок и форматов Living Labs позволяет предприятиям получать доступ к технологиям и компетенциям без необходимости самостоятельного создания дорогостоящей цифровой инфраструктуры. Распространение подобных посреднических институтов и их роль в трансфере технологий и апробации решений отмечаются в исследованных странах региона. Для Казахстана данный механизм может представлять особую ценность вследствие значительной неоднородности сельскохозяйственных производителей по ресурсному потенциалу.

При этом институциональная поддержка должна быть ориентирована не только на приобретение цифрового оборудования и программного обеспечения. Более значимым представляется создание условий для предварительной апробации решений, подготовки кадров, технологического консультирования и оценки экономической целесообразности цифровых проектов. Такой подход способен снизить риск формирования «фрагментарной цифровизации», при которой предприятие использует несколько автономных цифровых инструментов, однако они не приводят к системному изменению бизнес-процессов.

Восточноевропейская практика также указывает на необходимость дифференцированного подхода к цифровой трансформации предприятий. Различия цифровой зрелости между рассматриваемыми странами подтверждают, что единая модель цифровизации не может обеспечивать одинаковые результаты в различных институциональных и экономических условиях. В исходных материалах более высокие характеристики цифровой зрелости демонстрируют Чехия и Польша, тогда как для Румынии и Болгарии сохраняются более существенные ограничения, в том числе в сфере цифровых компетенций. Следовательно, и для Казахстана глубина цифровой трансформации должна соотноситься с размером предприятия, его финансовыми ресурсами, кадровым потенциалом, состоянием цифровой инфраструктуры и готовностью существующих бизнес-процессов к преобразованию.

С экономической точки зрения принципиальное значение имеет переход от оценки количества внедренных технологий к оценке результатов изменения бизнес-процессов. Для агропромышленных предприятий такими результатами могут выступать сокращение продолжительности операций и простоев оборудования, повышение производительности труда, снижение удельного расхода материальных

ресурсов, уменьшение производственных потерь, повышение продуктивности животных, снижение логистических и транзакционных издержек. Именно изменение данных показателей позволяет установить, создает ли цифровое решение дополнительный экономический эффект либо остается инструментом локальной автоматизации.

Таким образом, из опыта стран Восточной Европы для агропромышленного сектора Республики Казахстан могут быть выделены пять взаимосвязанных принципов: поэтапность цифровой трансформации; интеграция цифровых решений и данных; дифференциация механизмов цифровизации в зависимости от масштаба и зрелости предприятия; развитие общей инфраструктуры доступа к технологиям и компетенциям; оценка цифровых проектов по измеримым производственно-экономическим результатам. При этом речь должна идти не о прямом копировании восточноевропейских моделей, а об адаптации их отдельных механизмов к институциональным, территориальным и производственным особенностям казахстанского АПК.

3.4 Опыт цифровой трансформации агропромышленного сектора Республики Корея

Опыт Республики Корея представляет особый интерес для исследования цифровой трансформации агропромышленных предприятий, поскольку в отличие от рассмотренных практик Восточной Европы цифровизация здесь непосредственно связана с развитием умного сельского хозяйства (Smart Farm) и интеграцией цифровых технологий в процессы производства, переработки, хранения и реализации сельскохозяйственной продукции. Корейская модель позволяет рассматривать цифровую трансформацию не только как технологическую модернизацию отдельных производственных операций, но и как механизм формирования взаимосвязанной агропродовольственной цепочки создания стоимости.

Для Казахстана данный опыт имеет дополнительное значение вследствие необходимости повышения производительности сельского хозяйства при одновременном сокращении зависимости производственных результатов от трудовых ресурсов, природно-климатических факторов и субъективности оперативного контроля. В этом отношении корейский подход представляет интерес прежде всего как пример перехода от автоматизации отдельных операций к управлению производственными процессами на основе постоянно формируемых цифровых данных.

Особенностью цифровой трансформации агропромышленного сектора Республики Корея является ее ориентация на интеграцию цифровых технологий непосредственно в систему сельскохозяйственного производства. В отличие от подходов, при которых цифровизация

преимущественно охватывает административные или отдельные информационные функции предприятия, концепция Smart Farm предполагает использование цифровых данных для мониторинга и регулирования технологических параметров в ходе выполнения производственных процессов. В результате объектом трансформации становится взаимосвязанная система управления производством.

Экономические предпосылки такого подхода связаны с необходимостью повышения производительности ограниченных ресурсов, сокращения трудоемкости операций, обеспечения стабильности производственных параметров и уменьшения зависимости результатов производства от человеческого фактора. Цифровые технологии приобретают значение инструмента повышения управляемости сельскохозяйственного производства.

Принципиальной особенностью Smart Farm является формирование замкнутого информационно-управленческого цикла. Данные о состоянии производственного объекта и параметрах технологического процесса автоматически фиксируются посредством датчиков и других цифровых устройств, передаются в информационную систему, анализируются и используются для принятия либо автоматического исполнения управляющего воздействия. Традиционная последовательность «наблюдение - фиксация - передача информации - решение - воздействие» сокращается за счет автоматизации отдельных информационных и управленческих операций.

С позиции бизнес-процессов это означает переход от периодического и преимущественно ручного контроля к непрерывному мониторингу и управлению на основе данных. В растениеводстве соответствующий принцип может охватывать контроль микроклимата, орошения, питания растений и состояния посевов; в животноводстве — мониторинг состояния животных, кормления, доения, качества молока, температурных режимов и условий хранения продукции. Следовательно, технологическая составляющая Smart Farm непосредственно связана с изменением продолжительности, трудоемкости, информационной обеспеченности и управляемости бизнес-процессов.

При этом корейская практика представляет интерес не только на уровне первичного сельскохозяйственного производства. Более широкая логика проявляется в интеграции производства с переработкой и последующими стадиями создания стоимости. В данном отношении показательным является концептуальный подход «6th Industry», объединяющий первичное сельскохозяйственное производство, переработку продукции и сервисную деятельность. В результате сельскохозяйственное предприятие рассматривается не как изолированный производитель сырья, а как участник интегрированной системы создания добавленной стоимости.

Рассмотренные особенности корейской модели Smart Farm позволяют представить цифровую трансформацию агропромышленного производства как последовательный процесс преобразования данных в управленческие воздействия и производственно-экономические результаты. В отличие от локальной автоматизации отдельных операций, данный подход предполагает формирование непрерывного информационного контура, в котором сведения о состоянии производственных объектов и параметрах технологических процессов автоматически собираются, интегрируются и анализируются, после чего используются для оперативного регулирования. При этом экономический результат возникает не непосредственно вследствие применения цифровой технологии, а через изменение характеристик бизнес-процессов — сокращение времени реакции на отклонения, снижение трудоемкости контроля, повышение точности выполнения операций и эффективности использования ресурсов. Логика формирования данного эффекта в рамках модели Smart Farm представлена на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4. - Логика цифровой трансформации агропромышленного производства в рамках модели Smart Farm Республики Корея

Представленная на рисунке 2. последовательность показывает, что экономический результат цифровизации формируется опосредованно. Само наличие датчиков, информационных систем или автоматизированного оборудования не обеспечивает повышения эффективности предприятия. Первичным результатом их использования является изменение способа выполнения и управления бизнес-процессом: сокращается время получения информации, повышается непрерывность контроля, уменьшается количество ручных операций и создается возможность оперативного реагирования на отклонения. Только через данные изменения формируются производственные результаты, которые в дальнейшем могут трансформироваться в экономический эффект.

Такое понимание особенно важно для животноводства, где отдельные бизнес-процессы технологически взаимозависимы. Изменение параметров содержания и кормления животных влияет на продуктивность, организация доения - на характеристики получаемого молока, а соблюдение температурного режима после доения - на сохранение его качества. Поэтому цифровая трансформация молочного производства требует не изолированной автоматизации отдельных операций, а обеспечения информационной связанности последовательных стадий производственного процесса.

Практическая реализация цифровой трансформации: опыт Sangha Farm

Практическое проявление рассмотренных принципов цифровой трансформации было изучено авторами в рамках научной стажировки в Республике Корея в декабре 2025 г. Особый интерес представлял опыт Sangha Farm, расположенной в уезде Кочхан, где сельскохозяйственное производство рассматривается как элемент более широкой системы создания стоимости, объединяющей производство сырья, его переработку, хранение, реализацию продукции и сервисные функции.

Значимость данного кейса для настоящего исследования определяется тем, что он позволяет перейти от рассмотрения Smart Farm как совокупности технологий к анализу реальной организации взаимосвязанных бизнес-процессов агропромышленного предприятия. В отличие от традиционной модели, в которой производство сельскохозяйственного сырья, его переработка и реализация могут осуществляться относительно обособленно, рассматриваемая практика основана на их последовательной интеграции в рамках единой цепочки создания стоимости.

Особое место в корейском подходе занимает концепция «6th Industry», в основе которой лежит объединение трех видов деятельности: первичного сельскохозяйственного производства, переработки сельскохозяйственного сырья и предоставления услуг. Такая модель расширяет функциональные границы сельскохозяйственного предприятия:

экономический результат формируется не только на стадии производства сырья, но и за счет последующего создания добавленной стоимости посредством переработки, реализации и сервисной деятельности.

Применительно к Sangha Farm данная логика проявляется в объединении молочного производства с последующими стадиями движения продукции. В результате формируется взаимосвязанная последовательность бизнес-процессов: производство молока → контроль качества → охлаждение и хранение → переработка → реализация готовой продукции → сервисные и образовательные функции.

При этом цифровые решения выполняют связующую функцию между физическими операциями и системой управления. В частности, применение цифрового оборудования для контроля температурных режимов и условий хранения позволяет фиксировать критические параметры непосредственно в процессе движения молока от стадии получения сырья к последующей переработке. Это принципиально важно для молочного производства, поскольку нарушение технологических параметров на одной стадии способно повлиять на качество продукции на последующих этапах.

В ходе изучения производственной инфраструктуры особый интерес представляли решения, используемые при первичной обработке и хранении молока, в том числе samho digital milk cooler и milk storehouse. Их значение с позиции цифровой трансформации состоит не столько в автоматизации отдельной технологической операции, сколько в возможности обеспечения контролируемых параметров процесса после получения молока. Температурный режим и условия хранения становятся измеряемыми параметрами бизнес-процесса, что позволяет уменьшить зависимость контроля от субъективной оценки персонала и повысить воспроизводимость технологических условий.

Здесь важно сделать еще один аналитический шаг. Для молочного предприятия цифровая трансформация должна рассматриваться не как набор автономных решений - цифровое доение, датчики, охлаждение, мониторинг или программное обеспечение, - а как информационная связанность последовательных бизнес-процессов. Производственные данные, возникающие на одной стадии, приобретают экономическую ценность тогда, когда они используются для контроля и принятия решений на последующих стадиях. Поэтому зрелость цифровой трансформации определяется не количеством установленного оборудования, а степенью интеграции данных в управление всей цепочкой создания стоимости.

Для определения функционального и экономического содержания рассмотренной практики целесообразно сопоставить отдельные бизнес-процессы молочного производства с используемыми цифровыми решениями и характером возникающих изменений. Такой подход позволяет отделить технологический компонент цифровизации от

непосредственно формируемого им процессного результата и определить механизм последующего возникновения производственно-экономического эффекта (таблица 3.8).

Таблица 3.8– Цифровая трансформация ключевых бизнес-процессов и цепочки создания стоимости Sangha Farm

Укрупненный бизнес-процесс	Содержание цифровой трансформации	Изменение организации бизнес-процесса	Производственно-экономическое значение
Управление молочным производством	Цифровой мониторинг производственных и технологических параметров, использование данных для контроля выполнения операций	Переход от преимущественно периодического контроля к управлению на основе измеряемых производственных данных	Повышение управляемости производства, снижение влияния человеческого фактора, создание условий для повышения производительности
Управление качеством, первичной обработкой и хранением молока	Цифровой контроль температурных и технологических параметров; использование специализированного оборудования, включая samho digital milk cooler и milk storehouse	Объединение контроля качества, охлаждения и хранения в последовательный контролируемый процесс от получения сырья до его передачи на переработку	Снижение риска нарушения технологических режимов и потери качества сырья; повышение стабильности характеристик молока
Интеграция производства и переработки сельскохозяйственной продукции	Информационная и технологическая связанность последовательных стадий движения продукции	Переход от относительно обособленных операций к взаимосвязанной цепочке «производство → контроль → хранение → переработка»	Сокращение информационных разрывов между стадиями, повышение прослеживаемости и управляемости цепочки создания стоимости
Управление расширенной цепочкой создания стоимости	Интеграция сельскохозяйственного производства, переработки, реализации и сервисной деятельности в логику «6th Industry»	Расширение границ бизнес-модели от производства сельскохозяйственного сырья к созданию и реализации конечного продукта и сопутствующих услуг	Формирование добавленной стоимости на последующих стадиях, диверсификация источников дохода и снижение зависимости от реализации исключительно сырьевой продукции

Представленная систематизация показывает, что специфика практики Sangha Farm заключается не в цифровизации отдельных технологических операций как таковых, а в расширении объекта цифровой трансформации от отдельного производственного процесса к

взаимосвязанной цепочке создания стоимости. На первом уровне цифровые решения повышают управляемость непосредственно молочного производства; на втором обеспечивают контролируемое движение сырья через процессы первичной обработки и хранения; на третьем формируют связанность производства и переработки; на четвертом происходит расширение границ агропромышленной деятельности за счет интеграции производства, переработки, реализации и сервисных функций.

Систематизация показывает, что специфика практики Sangha Farm заключается не в цифровизации отдельных технологических операций как таковых, а в расширении объекта цифровой трансформации от отдельного производственного процесса к взаимосвязанной цепочке создания стоимости. На первом уровне цифровые решения повышают управляемость непосредственно молочного производства; на втором обеспечивают контролируемое движение сырья через процессы первичной обработки и хранения; на третьем формируют связанность производства и переработки; на четвертом происходит расширение границ агропромышленной деятельности за счет интеграции производства, переработки, реализации и сервисных функций.

Таким образом, корейская практика демонстрирует переход от цифровизации операции к цифровизации бизнес-процесса, а затем — к интеграции цифровых бизнес-процессов в единую цепочку создания стоимости. В этом состоит одно из принципиальных отличий рассматриваемой модели: цифровая трансформация выступает не только инструментом повышения операционной эффективности сельскохозяйственного производства, но и фактором изменения способа создания и присвоения добавленной стоимости агропромышленным предприятием.

Представленная систематизация показывает, что специфика практики Sangha Farm заключается не столько в использовании отдельных цифровых технологий, сколько в последовательном расширении объекта цифровой трансформации. На начальном уровне цифровые решения обеспечивают контроль отдельных технологических параметров; далее они становятся инструментом управления бизнес-процессами производства, контроля качества и хранения; на следующем уровне обеспечивается взаимосвязь производства и переработки; наконец, интеграция с реализацией и сервисными функциями расширяет границы традиционной цепочки создания стоимости агропромышленного предприятия.

Таким образом, в корейской практике прослеживается последовательность «цифровизация операции → цифровизация бизнес-процесса → интеграция бизнес-процессов → трансформация цепочки создания стоимости». Принципиальное значение данного перехода состоит в том, что цифровые технологии начинают воздействовать не только на

эффективность выполнения отдельных операций, но и на механизм создания экономической ценности предприятием.

На уровне производственных процессов эффект формируется прежде всего за счет повышения точности и непрерывности контроля. Автоматизированный сбор данных сокращает временной разрыв между изменением параметров производственного процесса и выявлением соответствующего отклонения. Для молочного производства это имеет особое значение, поскольку качество конечной продукции зависит от соблюдения технологических условий на последовательных стадиях — от содержания и доения животных до охлаждения, хранения и последующей переработки молока.

На уровне управления ресурсами цифровизация создает предпосылки для более точного согласования их использования с фактическими потребностями производственного процесса. В результате экономическое содержание Smart Farm проявляется не только в возможном сокращении трудоемкости, но и в снижении потерь, более рациональном использовании материальных и энергетических ресурсов, повышении стабильности технологических режимов. При этом конкретная величина такого эффекта зависит от характеристик предприятия и применяемых решений, поэтому не может автоматически переноситься с корейских предприятий на предприятия других стран.

На уровне цепочки создания стоимости особое значение приобретает интеграция первичного производства с переработкой и реализацией. Для сельскохозяйственного производителя это означает возможность смещения источника дохода от преимущественной реализации сырья к участию в последующих стадиях формирования добавленной стоимости. Цифровые технологии в данной модели обеспечивают информационную связанность процессов, прослеживаемость продукции и управляемость последовательных стадий ее движения.

Значение опыта Республики Корея для Казахстана

Для агропромышленного сектора Республики Казахстан корейский опыт представляет интерес прежде всего с позиции принципов организации цифровой трансформации, а не прямого воспроизведения используемых технологических решений. Различия в масштабах сельскохозяйственных предприятий, территориальной организации производства, обеспеченности инфраструктурой, стоимости трудовых ресурсов и инвестиционных возможностях требуют адаптации соответствующих механизмов к национальным условиям.

Первым применимым принципом является ориентация цифровизации на конкретный бизнес-процесс и его измеряемые параметры. Для казахстанских агропромышленных предприятий это предполагает, что выбор цифрового решения должен определяться не общей задачей повышения «уровня цифровизации», а выявленной

проблемой процесса: высокой трудоемкостью, продолжительностью операций, потерями ресурсов, нестабильностью качества, простоями оборудования либо недостаточной оперативностью контроля.

Второй принцип заключается в непрерывности формирования и использования производственных данных. Корейская модель показывает переход от эпизодического контроля к мониторингу параметров непосредственно в ходе выполнения технологического процесса. Для молочно-товарных ферм Казахстана данный подход потенциально применим к процессам содержания и кормления животных, доения, охлаждения и хранения молока, контроля состояния оборудования и качества продукции.

Третьим принципом является интеграция последовательных бизнес-процессов. Локальная автоматизация отдельных операций имеет ограниченный потенциал, если формируемые данные остаются изолированными. Поэтому более зрелый этап цифровой трансформации должен предусматривать формирование информационных связей между производством, ресурсным обеспечением, контролем качества, хранением, переработкой и логистикой.

Наконец, корейская практика показывает возможность расширения цифровой трансформации за пределы внутренней эффективности производства — в направлении изменения цепочки создания стоимости. Для казахстанского АПК данный принцип может быть особенно значим для предприятий, имеющих потенциал интеграции первичного производства с переработкой и реализацией продукции. В таком случае цифровизация становится не только инструментом сокращения затрат, но и фактором формирования новых источников добавленной стоимости.

Вместе с тем адаптация корейского опыта имеет ряд объективных ограничений. Высокая капиталоемкость комплексных Smart Farm-решений, необходимость устойчивой цифровой инфраструктуры, требования к качеству производственных данных и компетенциям персонала ограничивают возможность их одномоментного внедрения. Для территориально распределенных агропромышленных предприятий Казахстана дополнительное значение имеют доступность связи и экономическая оправданность оснащения удаленных производственных объектов цифровой инфраструктурой.

Поэтому наиболее приемлемым для отечественных предприятий представляется поэтапный сценарий: первоначальная цифровизация критических бизнес-процессов с измеримым эффектом, последующая интеграция данных между взаимосвязанными процессами и лишь затем формирование единого цифрового контура предприятия и цепочки создания стоимости.

Опыт Республики Корея показывает, что цифровая трансформация агропромышленного предприятия приобретает наибольшее экономическое

значение при переходе от автоматизации отдельных операций к управлению взаимосвязанными бизнес-процессами на основе данных. Развитие Smart Farm обеспечивает технологическую основу такого перехода, тогда как интеграция производства, переработки, реализации и сервисных функций расширяет его до уровня цепочки создания стоимости. Для Казахстана наиболее значимыми элементами корейского опыта являются процессная ориентация цифровизации, непрерывный мониторинг производственных параметров, интеграция данных и поэтапное расширение цифрового контура предприятия.

3.5 Сравнительная оценка международных практик и направления их адаптации в агропромышленном секторе Республики Казахстан

Проведенный анализ опыта Российской Федерации, стран Восточной Европы и Республики Корея показывает, что цифровая трансформация агропромышленных предприятий развивается в различных институциональных, технологических и организационных условиях. Вместе с тем различия национальных моделей не исключают наличия общих закономерностей. Во всех рассмотренных практиках по мере углубления цифровизации происходит переход от использования отдельных цифровых инструментов к интеграции данных и взаимосвязанных бизнес-процессов, а экономическое значение цифровых решений определяется тем, насколько существенно они изменяют способ выполнения, контроля и управления производственной деятельностью.

При этом рассмотренные международные практики характеризуются различными доминирующими механизмами цифровой трансформации. Российский опыт демонстрирует значимость интеграции производственных и управленческих данных в условиях крупных агропромышленных предприятий и вертикально интегрированных структур. Практики стран Восточной Европы позволяют выделить сочетание индустриальных механизмов Industry 4.0 с государственно-частной поддержкой цифровых инвестиций, развитием центров компетенций и цифровой инфраструктуры. Корейская модель, в свою очередь, показывает возможности непосредственной интеграции цифровых технологий в сельскохозяйственное производство на принципах Smart Farm и последующего расширения цифровизации до уровня агропродовольственной цепочки создания стоимости.

Следовательно, сравнительный анализ целесообразно проводить не по количеству применяемых технологий, а по механизму цифровой трансформации, объекту преобразования, характеру изменения бизнес-процессов, формируемому эффекту, условиям реализации и потенциалу адаптации. Результаты такого сопоставления представлены в таблице 3.9

Таблица 3.9 – Сравнительная оценка международных практик цифровой трансформации и потенциала их адаптации в агропромышленном секторе Республики Казахстан

Критерий	Российская Федерация	Страны Восточной Европы	Республика Корея
Доминирующая логика цифровой трансформации	Интеграция цифровых технологий и данных в производственные и управленческие процессы	Сочетание Industry 4.0, государственной и цифровой сервисной инфраструктуры	Smart Farm и интеграция цифровых процессов в агропродовольственную цепочку создания стоимости
Основной объект трансформации	Взаимосвязанные производственные и управленческие бизнес-процессы	Условия доступа предприятий к цифровым технологиям	Сельскохозяйственное производство и стадии создания стоимости
Ключевой механизм	Интеграция производственных данных, ИС, мониторинга и аналитики	Автоматизация, IoT, ERP/MES, цифровые платформы, центры компетенций	Непрерывный мониторинг, IoT, цифровое оборудование, автоматическое регулирование и интеграция данных
Характер изменения бизнес-процессов	Переход от фрагментарного контроля к интегрированному управлению	Переход от локальной автоматизации к цифровой	Переход от ручного и периодического контроля к непрерывному управлению на основе данных
Основной производственно-экономический эффект	Повышение управляемости, производительности и эффективности использования ресурсов	Сокращение простоев, ресурсных, информационных и координационных издержек;	Снижение трудоемкости и потерь, повышение стабильности качества и эффективности использования ресурсов
Основные ограничения	Неоднородность цифровой зрелости, инвестиционные и кадровые ограничения	Цифровой разрыв между крупными предприятиями и МСП, дефицит компетенций.	Капиталоемкость Smart Farm, высокие требования к инфраструктуре, данным и компетенциям
Наиболее значимый элемент для Казахстана	Интеграция данных и взаимосвязанных бизнес-процессов агропредприятия	Поэтапность, поддержка МСП, цифровые центры компетенций и апробация решений	Управление производством на основе данных и интеграция цепочки создания стоимости

Анализ результатов сравнения

Сопоставление международных практик показывает, что ни одна из рассмотренных моделей не может быть непосредственно перенесена в агропромышленный сектор Казахстана в неизменном виде. Российская

практика наиболее близка отечественным условиям с позиции масштабов территории, структуры аграрного производства и присутствия крупных агропромышленных предприятий, однако ее применение ограничивается существенными различиями в финансовых и технологических возможностях хозяйств. Восточноевропейский опыт представляет ценность прежде всего механизмами снижения барьеров цифровой трансформации, тогда как корейская модель демонстрирует более глубокую интеграцию цифровых решений непосредственно в производственные процессы и цепочку создания стоимости.

Вместе с тем сравнительный анализ позволяет установить общую закономерность, характерную для всех трех направлений. На начальном этапе цифровые технологии используются преимущественно для автоматизации и мониторинга отдельных операций. По мере повышения цифровой зрелости происходит интеграция данных между взаимосвязанными процессами, после чего цифровизация распространяется на уровень предприятия и цепочки создания стоимости. Следовательно, глубина цифровой трансформации определяется не количеством внедренных технологий, а масштабом процессных и организационных изменений, которые обеспечиваются их использованием.

Для Казахстана это положение имеет принципиальное значение. Простое расширение использования датчиков, программных продуктов, цифровых платформ или средств аналитики без изменения существующей организации бизнес-процессов способно привести к фрагментарной цифровизации. В таком случае предприятие несет инвестиционные и эксплуатационные затраты, однако цифровые решения функционируют автономно и не обеспечивают соответствующего повышения эффективности всей производственной системы.

Поэтому адаптация международного опыта должна осуществляться не по принципу переноса отдельных технологий, а посредством отбора механизмов цифровой трансформации, соответствующих проблемам и уровню цифровой зрелости конкретных агропромышленных предприятий.

Направления адаптации международного опыта в Казахстане

На основе проведенного сравнительного анализа могут быть выделены несколько взаимосвязанных направлений адаптации.

Первое направление - переход от технологического к процессному принципу цифровизации. Исходной точкой цифровой трансформации должен выступать не выбор технологии, а диагностика бизнес-процесса и выявление его проблемных характеристик: продолжительности операций, простоев, трудоемкости, потерь ресурсов, нестабильности качества, информационных разрывов и задержек принятия решений. Только после этого определяется цифровое решение, способное изменить соответствующие параметры.

Второе направление - поэтапность цифровой трансформации. Международный опыт показывает нецелесообразность одномоментного формирования сложной цифровой инфраструктуры при недостаточной зрелости предприятия. Для Казахстана более приемлем переход от цифровизации отдельных критических процессов с измеримым результатом к интеграции взаимосвязанных процессов и последующему формированию единого цифрового контура предприятия.

Третье направление - интеграция производственных и управленческих данных. Российский и восточноевропейский опыт показывает, что локальная автоматизация имеет ограниченный потенциал без информационного взаимодействия между функциональными областями. Для агропромышленного предприятия объектом интеграции должны становиться данные растениеводства, животноводства, кормопроизводства, технического обслуживания, складского хозяйства, контроля качества, логистики и экономического учета.

Четвертое направление - дифференциация механизмов цифровой трансформации по масштабу и цифровой зрелости предприятий. Для крупных агропромышленных компаний экономически оправдано формирование собственных интегрированных информационных систем и аналитических контуров. Для малых и средних предприятий более реалистичными могут быть облачные и платформенные решения, совместное использование цифровой инфраструктуры, технологический аутсорсинг и доступ к внешним центрам компетенций.

Пятое направление - развитие инфраструктуры апробации и трансфера цифровых решений. Восточноевропейский опыт показывает значимость цифровых инновационных центров, пилотных площадок и взаимодействия предприятий с университетами и технологическими компаниями. Для Казахстана подобная инфраструктура может выполнять функции диагностики цифровой зрелости, моделирования бизнес-процессов, тестирования решений, подготовки персонала и предварительной оценки результатов до масштабного инвестирования.

Шестое направление - развитие цифровизации цепочек создания стоимости. Корейский опыт показывает, что потенциал цифровой трансформации не исчерпывается повышением эффективности первичного производства. Интеграция производства с хранением, переработкой, логистикой и реализацией позволяет использовать цифровые данные для управления более широкой системой создания стоимости и формирует предпосылки для увеличения доли добавленной стоимости, остающейся у агропромышленного предприятия.

Результаты сравнительного анализа позволяют перейти от выявления общих и специфических особенностей зарубежных моделей к определению конкретных механизмов, потенциально применимых в агропромышленном секторе Республики Казахстан. При этом адаптация

международного опыта предполагает не прямое заимствование цифровых решений, а их отбор с учетом объекта применения, необходимых организационных и инфраструктурных условий, существующих ограничений и ожидаемых результатов. На этой основе систематизированы наиболее значимые элементы российского, восточноевропейского и корейского опыта и определены направления их возможного использования в отечественной практике. Матрица адаптации международных механизмов цифровой трансформации к условиям АПК Республики Казахстан представлена в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Матрица адаптации международных механизмов цифровой трансформации к условиям агропромышленного сектора Республики Казахстан

Международная практика	Ключевой механизм цифровой трансформации	Направление адаптации в АПК Казахстана	Ожидаемый результат
Российская Федерация	Интеграция производственных и управленческих данных в едином цифровом контуре предприятия	Объединение данных растениеводства, животноводства, кормопроизводства, хранения, логистики	Повышение управляемости бизнес-процессов, сокращение информационных разрывов
Страны Восточной Европы	Поэтапная цифровизация, пилотирование решений, использование центров цифровых компетенций	Развитие инфраструктуры апробации и трансфера цифровых решений, особенно для малых и средних агро предприятий	Снижение инвестиционных и технологических рисков, повышение доступности цифровых технологий и компетенций
Республика Корея	Управление производственными процессами на основе непрерывных данных и интеграция стадий цепочки создания стоимости	Внедрение Smart Farm-решений в производстве с последующим объединением процессов производства,	Снижение трудоемкости и потерь, повышение качества и управляемости процессов
Комбинированный подход для Казахстана	Поэтапное формирование интегрированного цифрового контура на основе трансформации приоритетных бизнес-процессов	Диагностика бизнес-процессов и цифровой зрелости → пилотирование → оценка результатов → интеграция процессов → масштабирование	Переход от фрагментарной автоматизации к системной цифровой трансформации агропромышленного предприятия

Представленная матрица показывает, что для Республики Казахстан наиболее обоснованным является не выбор одной зарубежной модели, а

формирование **комбинированного подхода**, объединяющего наиболее применимые элементы рассмотренных практик. Из российского опыта целесообразно использовать принцип интеграции производственных и управленческих данных; из восточноевропейского - механизмы поэтапного внедрения, пилотирования, поддержки МСП и доступа к внешним цифровым компетенциям; из корейского - управление критическими производственными процессами на основе непрерывных данных и постепенное расширение цифровизации до уровня цепочки создания стоимости.

Таким образом, адаптация международного опыта цифровой трансформации к условиям агропромышленного сектора Республики Казахстан должна осуществляться последовательно, с учетом исходного состояния бизнес-процессов и уровня цифровой зрелости конкретного предприятия. Первоначальное внедрение цифровых решений целесообразно осуществлять в приоритетных бизнес-процессах, характеризующихся наибольшим потенциалом повышения эффективности, с последующей оценкой достигнутых результатов, интеграцией взаимосвязанных процессов и масштабированием апробированных решений. На основе обобщения рассмотренных международных практик сформирована последовательность адаптации механизмов цифровой трансформации к условиям агропромышленных предприятий Республики Казахстан, представленная на рисунке 3.4.



Рисунок 3.4 Последовательность адаптации международного опыта цифровой трансформации к условиям агропромышленных предприятий Республики Казахстан

Представленная последовательность отражает переход от фрагментарного внедрения цифровых технологий к системной трансформации бизнес-процессов предприятия. Ее принципиальной особенностью является включение этапов диагностики и оценки цифровой зрелости до выбора конкретного цифрового решения, а также обязательной

оценки результатов его пилотирования до последующего масштабирования. Такой подход позволяет связать технологические решения с выявленными проблемами бизнес-процессов и снизить риск экономически необоснованных цифровых инвестиций. Интеграция взаимосвязанных процессов на последующих этапах создает предпосылки для формирования единого цифрового контура агропромышленного предприятия и расширения цифровой трансформации на цепочку создания стоимости.

Проведенный сравнительный анализ международного опыта показал, что цифровая трансформация агропромышленных предприятий формируется под воздействием различных институциональных, технологических и организационных условий, однако характеризуется общей направленностью — переходом от локальной автоматизации отдельных операций к интеграции данных и взаимосвязанных бизнес-процессов. При этом экономическая результативность цифровизации определяется не количеством внедренных технологий, а глубиной обусловленных ими процессных изменений и возможностью их распространения на систему управления предприятием и цепочку создания стоимости.

Исследование практик Российской Федерации, стран Восточной Европы и Республики Корея позволило выявить взаимодополняющие механизмы цифровой трансформации. Российская практика подтверждает значимость интеграции производственных и управленческих данных в деятельности агропромышленных предприятий; восточноевропейский опыт демонстрирует роль поэтапного внедрения, пилотирования, институциональной поддержки и инфраструктуры трансфера цифровых решений; корейская модель показывает возможности управления сельскохозяйственным производством на основе непрерывных данных и интеграции последовательных стадий создания стоимости. Совокупность данных механизмов формирует основу для их селективной адаптации к условиям агропромышленного сектора Казахстана.

Установлено, что прямой перенос зарубежных моделей не учитывает различия агропромышленных предприятий Казахстана по масштабу, специализации, ресурсному потенциалу, состоянию инфраструктуры и уровню цифровой зрелости. В связи с этим обоснован комбинированный подход, предусматривающий диагностику существующих бизнес-процессов, оценку цифровой зрелости, определение приоритетных процессов, пилотирование цифровых решений, оценку полученных производственно-экономических результатов, последующую интеграцию взаимосвязанных процессов и масштабирование апробированных решений.

Ключевым результатом сравнительного анализа является обоснование процессно-ориентированной логики адаптации

международного опыта, при которой исходным объектом цифровой трансформации выступает бизнес-процесс, цифровая технология рассматривается как инструмент его преобразования, а критерием результативности являются измеримые изменения производственных и экономических параметров. Такой подход создает методическую основу для перехода от фрагментарной автоматизации к системной цифровой трансформации агропромышленных предприятий Республики Казахстан.

Полученные результаты определяют необходимость дальнейшего исследования фактического состояния бизнес-процессов отечественных агропромышленных предприятий, оценки уровня их готовности к цифровым преобразованиям и выявления процессов, обладающих наибольшим потенциалом цифровой трансформации.

Выводы по главе 3

Проведенный анализ международного опыта цифровой трансформации агропромышленных предприятий позволяет сформулировать следующие выводы:

1. Международная практика подтверждает переход от локальной автоматизации отдельных операций к системной цифровой трансформации агропромышленных предприятий. Общей тенденцией является интеграция производственных, технологических, информационных и управленческих процессов в единый цифровой контур. При этом результативность трансформации определяется не столько количеством внедренных технологий, сколько их включением в существующую систему бизнес-процессов и использованием данных для принятия управленческих решений.

2. Исследованные международные практики различаются механизмами и приоритетами цифровой трансформации. Российский опыт характеризуется развитием интегрированных информационных систем и объединением производственных и управленческих данных; для стран Восточной Европы существенное значение имеют принципы Industry 4.0, поэтапность цифровизации, пилотирование решений и развитие инфраструктуры поддержки; опыт Республики Корея демонстрирует возможности Smart Farm, непрерывного сбора и использования данных и интеграции отдельных производственных процессов в рамках агропродовольственной цепочки. Эти различия свидетельствуют об отсутствии единой универсальной модели цифровой трансформации, одинаково применимой к предприятиям различных стран и институциональных условий.

3. Сопоставление международных практик показывает, что цифровая трансформация должна осуществляться последовательно и исходить из состояния конкретных бизнес-процессов предприятия. Внедрению цифрового решения должны предшествовать диагностика

существующих процессов, выявление ограничений и оценка цифровой зрелости. Это снижает риск фрагментарной автоматизации, при которой отдельные технологии внедряются без соответствующего изменения организации процессов и не формируют системного эффекта.

4. Прямой перенос зарубежных моделей в агропромышленный сектор Республики Казахстан представляется методически необоснованным. Их применение требует адаптации с учетом структуры отечественных агропромышленных предприятий, уровня цифровой зрелости, доступности инфраструктуры, кадровых и инвестиционных возможностей, а также организационных особенностей производственных процессов. Поэтому международный опыт следует рассматривать прежде всего как источник отдельных механизмов и принципов цифровой трансформации, которые могут комбинироваться применительно к условиям конкретного предприятия.

5. На основе сравнительного анализа обоснован комбинированный процессно-ориентированный подход к адаптации международного опыта в Казахстане. Его логика включает последовательность: диагностика бизнес-процессов → оценка цифровой зрелости → определение приоритетного процесса → пилотирование цифрового решения → оценка результатов → интеграция взаимосвязанных процессов → масштабирование цифровой трансформации. Такой подход позволяет связать выбор цифровых решений с конкретными проблемами и параметрами бизнес-процессов и обеспечить постепенный переход от отдельных цифровых инициатив к системной трансформации предприятия.

4. ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

4.1. Организация и методика эмпирического исследования

Дизайн исследования

Для достижения цели исследования использован смешанный дизайн, сочетающий количественные и качественные методы анализа. Выбор данного подхода обусловлен сложностью изучаемого явления — цифровой трансформации бизнес-моделей агропродовольственных предприятий, которая представляет собой многоуровневый организационный процесс, включающий как объективно измеряемые изменения в деятельности предприятия, так и управленческие, организационные и институциональные факторы, не поддающиеся всестороннему анализу исключительно средствами количественных или качественных методов.

В соответствии с классификацией Creswell и Plano Clark исследование реализовано в формате конвергентного смешанного дизайна (convergent mixed-methods design), предполагающего параллельный сбор количественных и качественных данных, их независимый анализ и последующую интеграцию результатов на этапе интерпретации (Creswell & Plano Clark, 2017). Такой подход позволяет объединить преимущества статистического анализа с глубиной качественного исследования и обеспечить более комплексное понимание изучаемого явления.

Интеграция результатов количественного и качественного анализа осуществлялась на этапе интерпретации полученных данных. Количественный анализ позволил выявить общие закономерности и статистически оценить взаимосвязи между исследуемыми переменными, тогда как качественные данные обеспечили объяснение выявленных тенденций, раскрыли механизмы организационных изменений и позволили интерпретировать результаты с учетом специфики функционирования агропродовольственных предприятий Казахстана.

Использование смешанного дизайна исследования позволило повысить достоверность полученных выводов за счет методологической триангуляции, сопоставления результатов, полученных различными методами, и более полного раскрытия природы цифровой трансформации бизнес-моделей в условиях ограниченных ресурсов, характерных для малых и средних предприятий агропродовольственного сектора. Использование независимых количественных и качественных источников данных обеспечило методологическую триангуляцию, что позволило повысить достоверность интерпретации результатов исследования.

Контекст исследования, выборка и сбор данных

Исследование проводилось среди малых и средних предприятий (МСП), осуществляющих деятельность в агропродовольственном секторе

Республики Казахстан. Выбор данного сектора обусловлен его стратегическим значением для обеспечения продовольственной безопасности страны, активной государственной политикой цифровизации агропромышленного комплекса и сохраняющейся неоднородностью уровня цифрового развития предприятий. В настоящее время цифровые технологии активно внедряются в растениеводстве, животноводстве, переработке сельскохозяйственной продукции и управлении производственными процессами, однако глубина организационных преобразований существенно различается между предприятиями, что делает данный сектор репрезентативной эмпирической средой для исследования взаимосвязи между цифровой трансформацией и изменением бизнес-моделей.

Количественная часть исследования основана на результатах анкетного обследования 154 малых и средних предприятий агропродовольственного сектора Казахстана. В исследование были включены предприятия, специализирующиеся на растениеводстве, животноводстве, переработке сельскохозяйственной продукции, смешанном сельскохозяйственном производстве и других видах аграрной деятельности. Анкеты заполнялись собственниками предприятий, генеральными директорами, руководителями подразделений и другими представителями высшего управленческого звена, принимающими решения в области цифровизации, внедрения информационных технологий и развития бизнеса. Анкетирование проводилось с использованием платформы Google Forms; заполнение одной анкеты занимало в среднем 5–7 минут. Приглашение к участию в исследовании было направлено 187 предприятиям. После проверки полноты заполнения анкет и качества данных в окончательную выборку были включены 154 анкеты, удовлетворявшие критериям исследования.

Формирование количественной выборки осуществлялось методом целенаправленного отбора с использованием профессиональных контактов исследовательской группы, взаимодействия с отраслевыми объединениями и партнерскими организациями агропромышленного комплекса. Такой подход позволил включить в исследование предприятия, находящиеся на различных этапах цифровой трансформации и обладающие различным опытом внедрения цифровых технологий. Несмотря на то что подобная стратегия отбора не обеспечивает статистической репрезентативности всей совокупности агропродовольственных предприятий Казахстана, она широко применяется в исследованиях организационных изменений и цифровой трансформации в случаях, когда доступ к компетентным респондентам объективно ограничен.

Качественная часть исследования включала проведение 8 полуструктурированных интервью с собственниками и руководителями малых и средних агропродовольственных предприятий. Отбор участников

интервью также осуществлялся целенаправленно с целью обеспечить максимальное разнообразие случаев по уровню цифровой зрелости предприятий, степени использования технологий искусственного интеллекта, размеру организации и отраслевой специализации. Такой принцип формирования качественной выборки позволил охватить различные сценарии цифровой трансформации и получить информацию о механизмах организационных изменений, которая не может быть получена исключительно на основе количественного анализа.

Интервью проводились в очном формате на русском и казахском языках и продолжались в среднем от 30 до 45 минут. Основное внимание уделялось вопросам внедрения цифровых технологий, особенностям принятия управленческих решений, организационным изменениям, трансформации отдельных компонентов бизнес-модели, а также институциональным и отраслевым ограничениям цифровизации. Все интервью проводились по единому полуструктурированному протоколу, обеспечивающему сопоставимость получаемых данных при сохранении возможности детального обсуждения специфики каждого предприятия. Протокол интервью включал тематические блоки, посвященные внедрению цифровых технологий, использованию искусственного интеллекта, организационным изменениям, процессам создания, доставки и извлечения ценности, управленческим решениям, основным барьерам цифровой трансформации и ожидаемым результатам цифровизации. Во всех интервью использовалась единая последовательность тематических блоков, что обеспечивало сопоставимость полученных данных.

Использованная стратегия формирования выборки соответствует исследовательской логике смешанного дизайна и ориентирована не на получение статистически репрезентативной оценки генеральной совокупности, а на выявление закономерностей, проверку теоретических взаимосвязей и объяснение механизмов цифровой трансформации бизнес-моделей в условиях агропродовольственных МСП Казахстана.

Сбор количественных и качественных данных осуществлялся параллельно в рамках единого исследовательского периода в соответствии с логикой конвергентного смешанного дизайна исследования. Количественные данные были получены посредством структурированного анкетного опроса, проведенного в электронной форме с использованием платформы Google Forms. Анкета была разработана на основе анализа современной научной литературы по цифровой трансформации, внедрению технологий искусственного интеллекта и трансформации бизнес-моделей. При формировании инструментария использовались ранее апробированные измерительные шкалы, адаптированные к специфике агропродовольственных малых и средних предприятий Казахстана. Перед началом основного исследования анкета была протестирована на предмет логической последовательности вопросов, однозначности формулировок и соответствия исследовательским задачам, после чего были внесены

необходимые редакционные уточнения. Первоначально измерительные шкалы были разработаны на основе англоязычных публикаций. При подготовке анкеты использовалась русскоязычная версия вопросов, адаптированная к условиям исследования и терминологии агропродовольственного сектора Казахстана. Интервью проводились на русском или казахском языке в зависимости от предпочтений респондентов, при этом смысловое содержание обсуждаемых тем оставалось единым для всех участников исследования. Для характеристики эмпирической базы исследования был проведен анализ организационного профиля предприятий, принявших участие в анкетном обследовании. Выборка охватывает малые и средние предприятия агропродовольственного сектора Республики Казахстан, различающиеся по размеру, отраслевой специализации, форме собственности, рыночной ориентации и должностному статусу респондентов. Характеристики выборки представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Характеристика выборки обследованных предприятий

Характеристика	Категория	Количество (n)	Доля, %
Размер предприятия	Микропредприятие	74	48,1
	Малое предприятие	43	27,9
	Среднее предприятие	31	20,1
	Крупное предприятие	6	3,9
Отраслевая специализация	Растениеводство	56	36,4
	Животноводство	50	32,5
	Смешанное сельское хозяйство	26	16,9
	Переработка пищевой продукции	13	8,4
	Другие виды агропродовольственной деятельности	9	5,8
Форма собственности	Семейное предприятие	62	40,3
	Частная компания	56	36,4
	Кооператив	28	18,2
	Другая	8	5,2
Рыночная ориентация	Местный рынок	43	27,9
	Региональный рынок	69	44,8
	Национальный рынок	13	8,4
	Экспортная деятельность	29	18,8
Должность респондента	Собственник предприятия	49	31,8
	Генеральный директор	43	27,9
	Руководитель подразделения	31	20,1
	Руководитель по цифровизации / ИТ	13	8,4
	Другой представитель высшего руководства	18	11,7
Примечание – составлено автором по результатам анкетного опроса руководителей и специалистов агропромышленных предприятий Республики Казахстан (n = 154).			

Качественные данные собирались посредством полуструктурированных интервью, проводившихся по единому протоколу, включавшему тематические блоки, посвященные внедрению цифровых технологий, использованию инструментов искусственного интеллекта, организационным изменениям, трансформации бизнес-моделей, управленческим решениям и основным барьерам цифровой трансформации. Использование полуструктурированного формата позволило обеспечить сопоставимость интервью при сохранении возможности более детального обсуждения специфики деятельности каждого предприятия.

До начала исследования всем участникам была предоставлена информация о целях исследования, добровольном характере участия, условиях обработки данных и соблюдении конфиденциальности. Все респонденты дали информированное согласие на участие в исследовании до заполнения анкеты или проведения интервью. На этапе анализа все данные были полностью обезличены, а результаты представлены исключительно в агрегированном виде, что исключало возможность идентификации отдельных участников или предприятий. Этические аспекты исследования были предварительно рассмотрены и одобрены Комиссией по этике исследований с участием человека Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана (протокол № 7/26 от 26 апреля 2026 г.).

Измерение исследуемых переменных

Для измерения исследуемых конструктов использовались ранее апробированные шкалы, адаптированные к условиям малых и средних предприятий агропродовольственного сектора Республики Казахстан. Большинство измерений выполнялось с использованием пятибалльной шкалы Лайкерта (1 — «полностью не согласен», 5 — «полностью согласен»). Помимо анализа отдельных компонентов бизнес-модели, для оценки общей степени трансформации бизнес-модели использовался интегральный конструкт Business Model Transformation (BM), включающий пять индикаторов. Данный показатель использовался в качестве зависимой переменной в модели проверки устойчивости результатов (robustness analysis).

При адаптации измерительных шкал сохранялось концептуальное содержание оригинальных инструментов, тогда как отдельные формулировки были уточнены с учетом специфики малых и средних агропродовольственных предприятий Казахстана.

Таблица 4.2 содержит описание исследуемых конструктов, количество используемых индикаторов и основные литературные источники, на основе которых были разработаны соответствующие измерительные шкалы.

Таблица 4.2 – Исследуемые переменные, их содержание и литературные источники

Исследуемая переменная	Содержание	Количество индикаторов	Основные источники
Цифровая трансформация (DT)	Степень интеграции цифровых технологий в бизнес-процессы, операционную деятельность и организационную инфраструктуру предприятия	5*	Vial (2019); Warner & Wäger (2019); Verhoef et al. (2021)
Использование технологий искусственного интеллекта (AI)	Степень применения инструментов искусственного интеллекта для анализа данных, прогнозирования и поддержки принятия управленческих решений	4*	Mikalef et al. (2019); Rai et al. (2021)
Цифровые способности предприятия (DC)	Способность организации приобретать, интегрировать и эффективно использовать цифровые ресурсы и компетенции	5	Warner & Wäger (2019); Teece (2018)
Создание ценности (VC)	Изменения способности предприятия создавать ценность с использованием цифровых технологий	5	Clauss (2017); Teece (2010)
Доставка ценности (VD)	Изменения процессов доставки ценности, взаимодействия с клиентами и координации операционной деятельности	5	Clauss (2017); Teece (2010)
Извлечение ценности (VCap)	Изменения способности предприятия получать экономическую выгоду от цифровой трансформации	5	Clauss (2017); Teece (2010)
Трансформация бизнес-модели (BM)	Общая степень трансформации бизнес-модели, интегрирующая компоненты создания, доставки и извлечения ценности	5	Clauss (2017); Teece (2010)
Управленческая ориентация (MO)	Приверженность руководства цифровой трансформации и поддержка организационных изменений	5	Kane et al. (2015); Warner & Wäger (2019)
Воспринимаемые барьеры (BAR)	Организационные, технологические и ресурсные препятствия DT	5	Vial (2019); Verhoef et al. (2021)
Примечание. По результатам оценки качества данных из переменной «Цифровая трансформация» (DT) был исключен один индикатор (DT6), а из конструкта «Использование технологий искусственного интеллекта» (AI) — один индикатор (AI5) вследствие недостаточной внутренней согласованности. Индикатор MO5, сформулированный в отрицательной форме, был подвергнут обратному кодированию перед оценкой надежности шкал и проведением последующего статистического анализа.			

Полный перечень вопросов утверждений анкеты представлен в Приложении А.

До проведения регрессионного анализа была выполнена оценка качества данных и внутренней согласованности шкал, результаты которой представлены в следующем подразделе.

Подготовка данных и качество измерений

Перед проведением статистического анализа была выполнена комплексная подготовка данных, направленная на обеспечение качества эмпирической базы исследования. Проверка включала контроль полноты данных, оценку логической согласованности ответов, корректности кодирования переменных и внутренней согласованности измерительных шкал.

На первом этапе был проведен аудит базы данных на предмет пропусков, дублирующихся записей и логических противоречий между взаимосвязанными вопросами анкеты. В частности, была проверена согласованность ответов на фильтрующий вопрос об использовании технологий искусственного интеллекта с последующими утверждениями, характеризующими уровень применения ИИ в деятельности предприятия. После исправления выявленных несоответствий все анкеты были повторно проверены на наличие логических противоречий. Анализ также подтвердил отсутствие систематических пропусков данных и случаев шаблонного заполнения анкет.

На втором этапе была выполнена оценка внутренней согласованности измерительных шкал с использованием коэффициента альфа Кронбаха и анализа скорректированных корреляций «пункт–общая шкала». По результатам анализа два индикатора (DT6 и AI5) были исключены из дальнейшего исследования вследствие их низкой согласованности с соответствующими конструктами. Кроме того, утверждение МО5, сформулированное в отрицательной форме, было подвергнуто реверсивному кодированию до проведения оценки надежности и последующего статистического анализа.

После выполнения указанных процедур коэффициенты внутренней согласованности были повторно рассчитаны для всех исследуемых конструктов. Наиболее высокий уровень надежности продемонстрировал показатель «Использование технологий искусственного интеллекта», а показатель «Трансформация бизнес модели» характеризовалась хорошей внутренней согласованностью. Для шкал «Цифровая трансформация» и «Извлечение ценности» были получены значения, приемлемые для исследований поискового характера. Значения коэффициента α для остальных многомерных организационных конструктов оказались ниже рекомендуемого уровня, что учитывалось при интерпретации результатов регрессионного анализа. Итоговые показатели описательной статистики и надежности представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Описательная статистика и оценка надежности исследуемых переменных

Переменная	Количество индикаторов	Среднее	Стандартное отклонение	α Кронбаха
Цифровая трансформация (DT)	5	3.343	0.518	0.632
Использование технологий искусственного интеллекта (AI)	4	2.015	1.088	0.927
Цифровые способности предприятия (DC)	5	2.838	0.457	0.461
Создание ценности (VC)	5	3.161	0.422	0.304
Доставка ценности (VD)	5	3.768	0.343	0.395
Извлечение ценности (VCap)	5	3.087	0.500	0.661
Управленческая ориентация (MO)*	5	3.774	0.413	0.519
Воспринимаемые барьеры (BAR)	5	4.145	0.449	0.443
Трансформация бизнес-модели (BM)	5	3.030	0.659	0.773
Примечание – составлено автором по результатам регрессионного анализа				

Анализ данных

Статистическая обработка данных проводилась поэтапно с использованием методов описательной статистики, корреляционного и регрессионного анализа.

На первом этапе были рассчитаны описательные статистики исследуемых переменных, включая средние значения и стандартные отклонения. Затем для оценки линейных взаимосвязей между исследуемыми конструктами был выполнен корреляционный анализ с использованием коэффициента корреляции Пирсона.

Для проверки исследовательских гипотез были построены четыре модели множественной линейной регрессии. В трех моделях зависимыми переменными последовательно выступали Создание ценности (VC), Доставка ценности (VD) и Извлечение ценности (VCap), тогда как в четвертой модели использовался интегральный показатель Трансформация бизнес-модели (BM). Во все модели одновременно включались теоретически обоснованные независимые переменные и контрольные переменные. Во избежание смещения коэффициентов все независимые переменные включались в модель одновременно.

Качество построенной регрессионной модели оценивалось с использованием коэффициента детерминации (R^2), скорректированного коэффициента детерминации, F-критерия Фишера для проверки статистической значимости модели в целом, а также t-критерия Стьюдента

для оценки статистической значимости отдельных коэффициентов регрессии.

Для проверки выполнения основных предпосылок множественной линейной регрессии дополнительно были проведены диагностические процедуры. Наличие мультиколлинеарности оценивалось с использованием коэффициентов инфляции дисперсии. Проверка гомоскедастичности остатков осуществлялась с помощью теста Бройша–Пагана, нормальность распределения остатков оценивалась с использованием критерия Шапиро–Уилка, а независимость остатков — посредством статистики Дарбина–Уотсона. Дополнительно анализировалось влияние отдельных наблюдений с использованием расстояния Кука.

Качественные данные, полученные в ходе полуструктурированных интервью, были обработаны методом тематического анализа. Анализ проводился посредством последовательного кодирования интервью, объединения близких по содержанию кодов в тематические категории и последующего сопоставления выявленных тем с результатами количественного исследования. Интеграция количественных и качественных результатов осуществлялась на этапе обсуждения в соответствии с принципами конвергентного смешанного дизайна исследования.

Кодирование интервью проводилось последовательно в несколько этапов. По мере анализа первоначальная система кодов уточнялась, сходные коды объединялись в тематические категории, после чего сформированные темы повторно сопоставлялись с исходными транскриптами для обеспечения последовательности и надежности интерпретации качественных данных. После проведения восьмого интервью новые тематические категории практически перестали появляться, что свидетельствовало о достижении тематического насыщения.

4.2 Анализ факторов цифровой трансформации на основе количественного исследования

Несмотря на активное развитие исследований цифровой трансформации агропромышленных предприятий, большинство работ основывается либо исключительно на количественном анализе, либо на качественном описании отдельных кейсов. Такой подход затрудняет объяснение причин выявленных статистических зависимостей и не позволяет раскрыть организационные механизмы трансформации бизнес-моделей. В связи с этим в настоящем исследовании использован смешанный исследовательский дизайн, сочетающий преимущества количественных и качественных методов.

Для предварительной оценки взаимосвязей между исследуемыми конструктами был проведен корреляционный анализ с использованием коэффициента корреляции Пирсона. В анализ были включены цифровая трансформация, использование искусственного интеллекта, цифровые возможности, управленческая ориентация, воспринимаемые барьеры, три компонента трансформации бизнес-модели — Создание ценности (VC), Доставка ценности (VD) и Извлечение ценности (VCap), а также общий показатель Трансформация бизнес-модели (BM). Результаты представлены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Матрица парных коэффициентов корреляции Пирсона

Construct	DT	AI	DC	VC	VD	VCap	MO	BAR	BM
DT	1.000								
AI	0.665***	1.000							
DC	0.268***	0.475***	1.000						
VC	0.332***	0.252**	0.103	1.000					
VD	0.470***	0.629***	0.355***	0.205*	1.000				
VCap	0.492***	0.701***	0.297***	0.350***	0.497***	1.000			
MO	-0.033	-0.009	-0.092	-0.062	0.158	0.016	1.000		
BAR	0.053	0.040	-0.068	0.023	0.007	-0.016	0.221**	1.000	
BM	0.510***	0.707***	0.308***	0.299***	0.497***	0.570***	0.115	0.088	1.000
Note: $p < 0.05$ (*), $p < 0.01$ (**), $p < 0.001$ (***)									

Корреляционный анализ показал, что Digital Transformation и AI Adoption имеют статистически значимые положительные связи с компонентами трансформации бизнес-модели. Наиболее сильные корреляции наблюдались между AI Adoption и Business Model Transformation ($r = 0.707$, $p < 0.001$), а также между AI Adoption и Value Capture ($r = 0.701$, $p < 0.001$). Компоненты Value Creation, Value Delivery и Value Capture также положительно связаны с общим показателем Business Model Transformation, что подтверждает согласованность компонентного и интегрального уровней измерения. Корреляции между независимыми переменными не указывают на критическую мультиколлинеарность, что позволяет перейти к множественному регрессионному анализу.

Множественный регрессионный анализ

Для проверки исследовательских гипотез были построены три модели множественной линейной регрессии, в которых зависимыми переменными последовательно выступали Цифровая трансформация (DT), Использование технологий искусственного интеллекта (AI), Цифровые способности предприятия (DC), Управленческая ориентация (MO), Воспринимаемые барьеры (BAR). Кроме того, в качестве контрольных переменных учитывались размер предприятия и его отраслевая принадлежность. Такой подход позволил оценить вклад каждого фактора при одновременном контроле влияния остальных переменных и избежать

смещения оценок, возникающего при использовании простых регрессионных моделей.

Таблица 4.5 – Результаты множественного регрессионного анализа компонентов трансформации бизнес-модели

Предиктор	Создание ценности β (t)	Доставка ценности β (t)	Извлечение ценности β (t)
Цифровая трансформация (DT)	0,246 (2,268)*	0,132 (1,539)	0,034 (0,419)
Использование технологий искусственного интеллекта (AI)	0,093 (0,788)	0,487 (5,210***)	0,674 (7,766***)
Цифровые способности предприятия (DC)	0,012 (0,126)	0,086 (1,190)	–0,048 (–0,716)
Управленческая ориентация (MO)	–0,060 (–0,731)	0,180 (2,750**)	0,019 (0,305)
Воспринимаемые барьеры (BAR)	0,035 (0,433)	–0,064 (–0,980)	–0,045 (–0,750)
Размер предприятия	Учтен	Учтен	Учтен
Отраслевая специализация	Учтена	Учтена	Учтена
R ²	0,148	0,465	0,538
Скорректированный R ²	0,076	0,419	0,499
F-критерий	2,042*	10,209***	13,677***
Статистика Дарбина–Уотсона	2,238	2,130	1,994
Максимальное значение VIF	2,300	2,300	2,300
Примечание. В таблице представлены стандартизированные коэффициенты регрессии β ; в скобках приведены значения t-статистики. Размер предприятия и отраслевая специализация были включены в модели в качестве контрольных переменных с использованием фиктивного (dummy) кодирования. Уровни статистической значимости: $p < 0,05$ (); $p < 0,01$ (); $p < 0,001$ ().			

Результаты регрессионного анализа показывают, что влияние факторов цифровой трансформации на отдельные компоненты бизнес-модели является неоднородным. Цифровая трансформация статистически значимо связана только с компонентом создания ценности, тогда как использование технологий искусственного интеллекта выступает значимым предиктором компонентов доставки ценности и извлечения ценности. Управленческая ориентация оказывает статистически значимое положительное влияние исключительно на компонент доставки ценности. При этом регрессионные модели для компонентов доставки ценности и извлечения ценности характеризуются существенно более высокой объясняющей способностью по сравнению с моделью создания ценности.

Такой результат подтверждает целесообразность анализа компонентов бизнес-модели по отдельности и свидетельствует о различной чувствительности отдельных элементов бизнес-модели к организационным и технологическим аспектам цифровой трансформации.

Анализ устойчивости

В дополнение к анализу отдельных компонентов бизнес-модели была построена множественная регрессионная модель, в которой зависимой переменной выступал интегральный показатель Трансформация бизнес-модели (BM). Данный анализ был проведен с целью проверки устойчивости результатов, полученных для отдельных компонентов бизнес-модели.

Таблица 4.6 – Результаты множественного регрессионного анализа общей трансформации бизнес-модели

Предиктор	B	Стандартная ошибка (SE)	t	p
Константа	1,291	0,582	2,219	0,028*
Цифровая трансформация (DT)	0,086	0,101	0,851	0,396
Использование технологий искусственного интеллекта (AI)	0,409	0,052	7,850	< 0,001***
Цифровые способности предприятия (DC)	−0,013	0,096	−0,136	0,892
Управленческая ориентация (MO)	0,164	0,087	1,881	0,062
Воспринимаемые барьеры (BAR)	0,020	0,088	0,227	0,821
Размер предприятия (контрольная переменная)	Учтен	—	н.з.	> 0,05
Отраслевая специализация (контрольная переменная)	Учтена	—	н.з.	> 0,05
Показатели модели				
Показатель			Значение	
Коэффициент детерминации (R ²)			0,546	
Скорректированный коэффициент детерминации (Adjusted R ²)			0,508	
F-критерий			14,159	
Статистическая значимость модели			p < 0,001	
Количество наблюдений			154	
Примечание. В таблице представлены нестандартизированные коэффициенты регрессии (B). Размер предприятия и отраслевая специализация были включены в модель в качестве контрольных переменных и закодированы с использованием фиктивных (dummy) переменных. Обозначение «н.з.» означает отсутствие статистической значимости (p > 0,05). Уровни статистической значимости: p < 0,05 (); p < 0,01 0; p < 0,001 0.				

Результаты множественного регрессионного анализа свидетельствуют о том, что интегральная модель является статистически значимой в целом ($F = 14,159$; $p < 0,001$) и объясняет 54,6 % вариации общей трансформации бизнес-модели ($R^2 = 0,546$; скорректированный $R^2 = 0,508$). Среди исследуемых факторов только использование технологий искусственного интеллекта оказывает статистически значимое положительное влияние на общую трансформацию бизнес-модели ($B =$

0,409; $p < 0,001$). Управленческая ориентация демонстрирует влияние, близкое к общепринятому уровню статистической значимости ($p = 0,062$), тогда как цифровая трансформация, цифровые способности предприятия, воспринимаемые барьеры, а также контрольные переменные (размер предприятия и его отраслевая специализация) не оказывают статистически значимого влияния при их одновременном включении в модель.

4.3. Качественная оценка процессов цифровой трансформации по результатам интервью

Количественный анализ позволил выявить статистически значимые связи между отдельными факторами цифровой трансформации и компонентами бизнес-модели, однако он не раскрывает организационные механизмы, посредством которых происходят эти изменения. Проведенные полуструктурированные интервью дополняют результаты регрессионного анализа и позволяют объяснить, почему влияние цифровой трансформации различается между отдельными компонентами бизнес-модели, а также почему некоторые факторы не демонстрируют статистически значимых эффектов в количественных моделях.

Трансформация процесса создания ценности

Интервью показали, что цифровая трансформация прежде всего изменяет логику создания ценности. Практически все респонденты отмечали переход от управления, основанного на опыте и интуиции, к принятию решений на основе данных. Если ранее основными показателями эффективности выступали объемы производства, то сегодня ключевое значение приобретают качество продукции, прогнозируемость результатов и точность производственных процессов.

Предприятия растениеводства связывали цифровизацию с использованием карт NDVI, анализа почв и технологий дифференцированного внесения удобрений. В животноводстве основное внимание уделялось цифровому мониторингу состояния животных, ведению индивидуальных электронных карточек и использованию данных для управления селекцией и ветеринарным сопровождением. Даже предприятия с относительно низким уровнем цифровой зрелости рассматривали накопление данных как необходимое условие дальнейшего развития.

Особое значение респонденты придавали снижению неопределенности производственных процессов. Использование цифровых технологий позволило повысить точность распределения ресурсов, уменьшить производственные риски и обеспечить более рациональное использование воды, кормов и удобрений. Таким образом, цифровая трансформация способствует созданию ценности прежде всего через повышение качества управленческих решений и эффективности

производственных процессов, что согласуется с результатами регрессионного анализа, в котором именно цифровая трансформация оказалась статистически значимо связана с компонентом создания ценности.

Трансформация процесса доставки ценности

Наиболее выраженное совпадение количественных и качественных результатов наблюдается в отношении процессов доставки ценности. Согласно результатам множественной регрессии, использование технологий искусственного интеллекта является значимым предиктором данного компонента бизнес-модели.

Интервью показали, что цифровые технологии существенно изменяют способы взаимодействия предприятий с покупателями, поставщиками и логистическими партнерами. Руководители отмечали широкое использование электронного документооборота, цифровых платформ, мобильных приложений и систем оперативного обмена информацией. Фотографии, видеоматериалы, электронные сертификаты и цифровые производственные журналы становятся инструментами подтверждения качества продукции, постепенно заменяя традиционную модель доверия, основанную исключительно на деловой репутации.

Кроме того, цифровые коммуникационные платформы позволяют предприятиям устанавливать более прямые связи с покупателями, ускорять согласование условий поставок и частично сокращать зависимость от посредников. Вместе с тем интервью показали, что полное исключение посредников пока практически не встречается, особенно в сегментах массовой сельскохозяйственной продукции, где логистика и сбыт по-прежнему во многом зависят от существующей инфраструктуры рынка.

Трансформация процесса извлечения ценности

Как количественный, так и качественный анализ свидетельствуют о том, что наибольшее влияние цифровые технологии оказывают на процессы извлечения экономической ценности. Регрессионный анализ показал наиболее сильную статистическую связь данного компонента с использованием технологий искусственного интеллекта.

Практически все руководители предприятий связывали основные экономические результаты цифровизации не столько с ростом выручки, сколько со снижением затрат, уменьшением потерь и повышением эффективности использования ресурсов. Наиболее часто упоминались сокращение потерь топлива, оптимизация расхода воды, удобрений и кормов, снижение производственных потерь и повышение прозрачности учета затрат. По оценкам респондентов, экономия отдельных видов ресурсов достигала 10–30 % в зависимости от специфики предприятия и применяемых цифровых решений.

В то же время интервью показали, что рост доходов наблюдается преимущественно в тех случаях, когда цифровизация сопровождается

повышением качества продукции, развитием прослеживаемости или выходом на более требовательные сегменты рынка. Для предприятий, работающих на рынках массовой сельскохозяйственной продукции, цифровая трансформация практически не влияет на уровень рыночных цен, которые продолжают определяться внешней конъюнктурой. Таким образом, цифровизация значительно сильнее влияет на эффективность использования ресурсов, чем на способность предприятий изменять механизмы формирования рыночной цены.

Организационные механизмы цифровой трансформации

Интервью также позволили выявить организационные факторы, объясняющие неоднородность результатов количественного анализа. Во всех рассмотренных случаях инициатором цифровой трансформации выступали собственники предприятий или руководители высшего звена. Именно управленческая команда принимала решения о внедрении технологий, определяла направления цифровизации и контролировала использование цифровых инструментов в повседневной деятельности.

Вместе с тем цифровая трансформация редко реализуется как заранее разработанная комплексная стратегия. В большинстве случаев внедрение цифровых решений происходило постепенно и было связано с необходимостью решения конкретных практических задач: сокращения потерь, выполнения требований государственных информационных систем, повышения эффективности использования ресурсов или улучшения контроля производственных процессов.

Практически все участники исследования отмечали наличие существенных ограничений цифровой трансформации, включая недостаток квалифицированных специалистов, низкий уровень цифровых компетенций работников, ограниченную доступность интернет-инфраструктуры в сельских районах и сопротивление персонала организационным изменениям. Эти факторы во многом объясняют отсутствие статистически значимого влияния отдельных организационных переменных в количественных моделях и свидетельствуют о высокой зависимости результатов цифровизации от конкретного организационного контекста предприятия.

Качественный анализ также позволил выделить несколько типичных траекторий цифровой трансформации агропродовольственных предприятий: трансформацию, обусловленную требованиями государственного регулирования; цифровизацию, ориентированную на повышение эффективности использования ресурсов; цифровизацию как инструмент предотвращения потерь; цифровизацию, обусловленную экологическими ограничениями; а также постепенную адаптацию малых предприятий с ограниченными финансовыми и кадровыми ресурсами.

4.4. Интерпретация результатов исследования

Сопоставление количественных и качественных результатов показывает, что цифровая трансформация представляет собой неоднородный и контекстно-зависимый процесс изменения бизнес-модели. Количественный анализ позволил установить статистически значимые взаимосвязи между отдельными факторами цифровизации и компонентами бизнес-модели, тогда как качественные данные раскрыли организационные механизмы формирования этих связей. Полученные результаты свидетельствуют о том, что цифровая трансформация не оказывает одинакового воздействия на все элементы бизнес-модели. Наиболее существенные изменения наблюдаются в процессах доставки и извлечения ценности при использовании технологий искусственного интеллекта, тогда как общая цифровая трансформация прежде всего способствует совершенствованию процессов создания ценности. При этом характер и глубина организационных изменений определяются сочетанием управленческих решений, доступности ресурсов, отраслевой специфики и институциональных условий функционирования предприятий.

Полученные результаты позволяют по-новому взглянуть на взаимосвязь между цифровой трансформацией и трансформацией бизнес-модели. В большинстве существующих исследований цифровая трансформация рассматривается как единый фактор, приводящий к комплексной трансформации бизнес-модели. Однако результаты настоящего исследования свидетельствуют о более сложном характере данных процессов. Различные цифровые технологии оказывают неодинаковое влияние на различные компоненты бизнес-модели, а организационный контекст определяет характер и скорость этих изменений.

Особое значение имеет выявленное различие между общей цифровой трансформацией и использованием технологий искусственного интеллекта. Если цифровая трансформация создает условия для совершенствования процессов создания ценности, то искусственный интеллект преимущественно влияет на механизмы доставки и извлечения ценности. Это позволяет предположить, что искусственный интеллект следует рассматривать не только как элемент цифровой трансформации, но и как самостоятельный драйвер отдельных направлений трансформации бизнес-модели.

Применение смешанного исследовательского дизайна позволило дополнить статистические результаты объяснением организационных механизмов, лежащих в основе выявленных зависимостей. Интервью показали, что внедрение цифровых технологий редко осуществляется в рамках заранее разработанной стратегии цифровой трансформации. Гораздо чаще предприятия внедряют отдельные цифровые решения

последовательно, реагируя на конкретные производственные, ресурсные или институциональные проблемы. Это объясняет, почему одинаковый уровень цифровизации может приводить к различным результатам в разных организациях.

На основе интеграции количественных и качественных результатов была разработана эмпирическая модель цифровой трансформации бизнес-модели (рисунок 2), отражающая взаимосвязи между цифровыми технологиями, организационными механизмами и отдельными компонентами бизнес-модели. Предлагаемая модель демонстрирует, что цифровая трансформация представляет собой не линейный процесс, а многоуровневую систему взаимосвязанных организационных изменений, в которой различные цифровые решения воздействуют на различные компоненты бизнес-модели через разные механизмы.

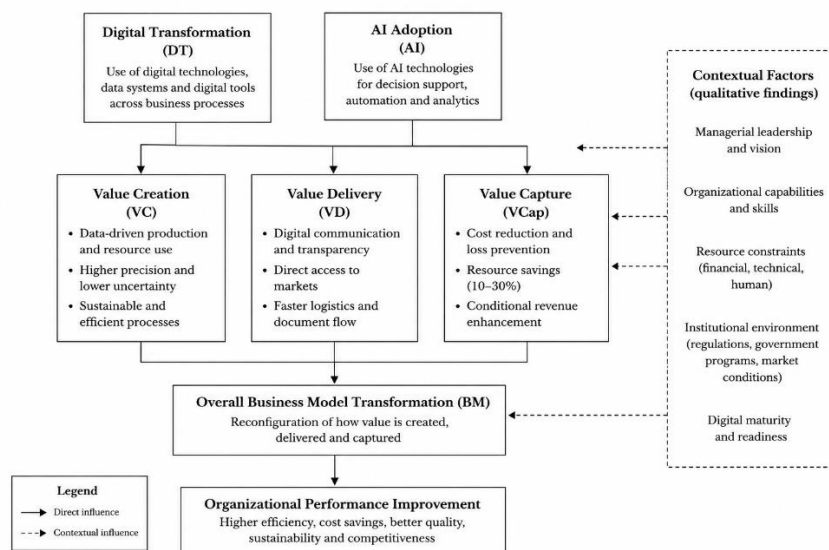


Рисунок 4.1. Эмпирическая модель цифровой трансформации бизнес-модели

Предложенная модель не заменяет существующие концепции цифровой трансформации, а уточняет их применительно к малым и средним агропродовольственным предприятиям. Она показывает, что влияние цифровых технологий проявляется через различные организационные механизмы и неодинаково отражается на отдельных компонентах бизнес-модели. Тем самым модель интегрирует результаты количественного и качественного анализа и демонстрирует основной теоретический вклад настоящего исследования.

Выводы по главе 4

Проведенное эмпирическое исследование факторов цифровой трансформации агропромышленных предприятий Республики Казахстан позволяет сформулировать следующие выводы.

1. Для исследования факторов цифровой трансформации предприятий применен смешанный дизайн, сочетающий количественный и качественный методы. Количественный этап основан на результатах анкетирования предприятий, качественный - на проведении интервью. Использование двух методов позволило определить статистические взаимосвязи между исследуемыми факторами и компонентами бизнес-модели, раскрыть организационные особенности и практические условия цифровых преобразований на предприятиях.

2. Результаты количественного анализа показали, что влияние факторов цифровой трансформации на компоненты бизнес-модели является неоднородным. Установлена статистически значимая положительная связь цифровой трансформации с созданием ценности ($\beta = 0,246$), использования искусственного интеллекта — с доставкой ценности ($\beta = 0,487$) и извлечением ценности ($\beta = 0,674$), а рыночной ориентации — с доставкой ценности ($\beta = 0,180$). Полученные результаты свидетельствуют о том, что отдельные цифровые и организационные факторы воздействуют на различные элементы бизнес-модели с неодинаковой интенсивностью.

3. Построенная модель трансформации бизнес-модели характеризуется коэффициентом детерминации $R^2=0,546$ и скорректированным $R^2=0,508$, что указывает на существенную объясняющую способность включенных в исследование факторов. При этом размер и сектор предприятия не продемонстрировали статистически значимого влияния в рамках построенной модели. Это свидетельствует о необходимости учитывать не только формальные характеристики предприятия, но и его внутреннюю готовность к цифровым преобразованиям, организационные способности и особенности использования цифровых технологий.

4. По результатам интервью выявлена неоднородность практик цифровой трансформации, что позволило выделить различные траектории цифровых преобразований предприятий в зависимости от исходных условий, имеющихся ресурсов и степени интеграции цифровых решений в деятельность предприятия.

5. Полученные результаты обосновывают необходимость перехода от оценки самого факта использования цифровых технологий к исследованию того, каким образом они изменяют конкретные процессы и компоненты бизнес-модели. Это создает эмпирическую основу для последующего моделирования состояний AS-IS и TO-BE и разработки практических механизмов цифровой трансформации агропромышленных предприятий.

5. БИЗНЕС-МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

5.1 Методология моделирования бизнес-процессов агропромышленных предприятий

Цифровая трансформация агропромышленных предприятий предполагает изменение не только применяемых технологий, но и способов организации, выполнения и управления бизнес-процессами. В этих условиях моделирование приобретает значение инструмента формализации деятельности предприятия, позволяющего представить взаимосвязи между производственными операциями, исполнителями, техническими ресурсами, информационными системами и потоками данных. В отличие от описательного представления деятельности, процессная модель создает основу для выявления структурных и временных ограничений, анализа вариантов преобразования процессов и количественной оценки предполагаемых результатов до практического внедрения цифровых решений.

Особенности агропромышленного производства обуславливают необходимость применения методологии моделирования, учитывающей его производственно-технологическую специфику. Для животноводческих предприятий характерны непрерывность ряда производственных процессов, взаимозависимость технологических операций, участие биологических объектов, ограниченность трудовых и технических ресурсов, вариативность продолжительности операций и существенное влияние человеческого фактора. В исследуемом предприятии данные особенности проявляются в процессах доения, кормления, перемещения животных и санитарной обработки помещений, выполнение которых требует согласованного использования персонала, оборудования и информационных систем.

Поэтому моделирование бизнес-процессов агропромышленного предприятия целесообразно рассматривать как последовательное формализованное представление структуры, логики, параметров и ресурсного обеспечения процессов с последующей оценкой вариантов их цифровой трансформации. Объектом моделирования при таком подходе выступает не отдельная цифровая технология, а бизнес-процесс, характеристики которого могут быть изменены в результате ее применения.

Методология исследования базируется на взаимосвязи системного, процессного и имитационного подходов. Каждый из них выполняет самостоятельную функцию в общей логике моделирования.

Системный подход позволяет рассматривать агропромышленное предприятие как совокупность взаимосвязанных процессов, ресурсов и

информационных потоков. Его применение принципиально важно для предотвращения локальной оптимизации, при которой улучшение отдельной операции не приводит к повышению эффективности производственной системы в целом. Например, сокращение продолжительности непосредственно операции доения не обеспечивает соответствующего сокращения полного производственного цикла, если сохраняются задержки при формировании и перемещении групп животных либо ограничения пропускной способности оборудования. Результаты исследования ТОО «КТК-888» подтверждают значимость подобных взаимосвязей: существенные ограничения были выявлены именно в процессах доения и перемещения животных, где загрузка оборудования и организация потоков приводили к формированию очередей.

Процессный подход определяет бизнес-процесс как основной объект анализа и преобразования. В рамках данного подхода деятельность предприятия декомпозируется до уровня процессов, подпроцессов и операций, для которых устанавливаются входы и результаты, последовательность выполнения, исполнители, используемые ресурсы и информационное обеспечение. Это позволяет перейти от функционального рассмотрения отдельных подразделений к исследованию последовательности действий, посредством которой формируется производственный результат.

Имитационный подход дополняет структурное описание процессов их количественным представлением. Для каждой операции могут быть определены временные характеристики, потребность в ресурсах, ограничения их доступности, правила маршрутизации и вероятностные параметры. В результате модель становится инструментом проведения вычислительных экспериментов, позволяющих оценивать поведение процесса при изменении его параметров и сравнивать альтернативные варианты организации деятельности. В исследовании ТОО «КТК-888» для этих целей применялось дискретно-событийное моделирование, при котором функционирование предприятия представлено последовательностью событий и операций, выполняемых во времени с учетом ресурсных ограничений и стохастического характера процессов.

Таким образом, методологическая логика моделирования может быть представлена взаимосвязью трех уровней:

система предприятия → бизнес-процессы → количественные параметры и поведение процессов.

На системном уровне определяются границы исследуемой производственной системы и взаимосвязи процессов; на процессном — формализуются структура и последовательность операций; на имитационном — задаются количественные параметры, ресурсы и ограничения, необходимые для оценки поведения модели. Такое сочетание

позволяет связать качественное описание цифровой трансформации с количественной оценкой предполагаемых изменений.

Формализация бизнес-процессов

Для обеспечения однозначности представления процессов необходима их формализация в стандартизированной нотации. В настоящем исследовании для этой цели используется BPMN 2.0, позволяющая представить последовательность операций, события, условия ветвления, взаимодействие участников и информационные потоки. В исходном исследовании BPMN-модель была декомпозирована с использованием процессов, подпроцессов, задач, событий, шлюзов, потоков, ресурсов и объектов данных.

При этом использование BPMN 2.0 в предлагаемой методологии имеет не графическое, а аналитическое назначение. Формализация должна обеспечивать возможность однозначно определить:

- границы и результат бизнес-процесса;
- последовательность и условия выполнения операций;
- участников и используемые ресурсы;
- временные характеристики операций;
- точки принятия решений и альтернативные маршруты;
- информационные объекты и источники данных;
- технологические и ресурсные ограничения процесса.

Особое значение имеет единый уровень детализации моделей. Проведенный аудит исходной цифровой процессной модели показал, что неоднородная декомпозиция существенно снижает ее аналитическую пригодность: например, отдельные процессы были представлены укрупненно, тогда как другие детализировались до отдельных технологических действий. Кроме того, выявлялись пропущенные промежуточные операции и недостаточно полно отраженные альтернативные сценарии. Следовательно, степень декомпозиции должна определяться не стремлением максимально подробно представить деятельность предприятия, а необходимостью выделить операции, параметры которых оказывают влияние на исследуемый результат.

Параметризация процессов

Следующим элементом методологии является параметризация сформированной процессной модели. Именно на данном этапе графическое описание преобразуется в модель, пригодную для количественного анализа. Для каждой существенной операции должны быть определены временные, ресурсные, технологические и информационные параметры.

Временные характеристики требуют особого внимания. Фиксированное значение продолжительности операции допустимо только в тех случаях, когда ее выполнение действительно стандартизировано. Для операций, продолжительность которых зависит от состояния животных,

действий персонала, загрузки оборудования или иных изменяющихся факторов, целесообразно использовать интервальные либо вероятностные параметры. В ходе аудита модели ТОО «КТК-888» было установлено, что первоначальное использование преимущественно детерминированных значений не позволяло в полной мере учитывать фактическую вариативность производственных процессов, технологические паузы и случайные задержки.

Не менее существенной является ресурсная параметризация. Для каждой операции устанавливается состав необходимых трудовых, технических, информационных и, при необходимости, биологических ресурсов, их количество, доступность и правила назначения. Такой подход позволяет моделировать конкуренцию операций за ограниченные ресурсы и выявлять ситуации, при которых именно их дефицит, а не продолжительность отдельной операции, становится причиной образования очередей и увеличения полного цикла процесса. В исследуемой модели к ресурсам отнесены персонал, доильное и кормоприготовительное оборудование, системы управления стадом и поголовье животных.

В рамках предлагаемой методологии бизнес-процесс агропромышленного предприятия рассматривается как формализованная система взаимосвязанных операций, ресурсов, данных и условий их выполнения. Для его описания введем модель:

$$BP = \langle O, T, R, D, C \rangle, \quad (5.1)$$

где BP — моделируемый бизнес-процесс;
 $O = \{o_1, o_2, \dots, o_n\}$ - множество операций процесса;
 $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ - множество временных характеристик операций;
 $R = \{r_1, r_2, \dots, r_m\}$ - множество используемых ресурсов;
 $D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$ - множество данных и информационных потоков;
 $C = \{c_1, c_2, \dots, c_l\}$ - множество условий и ограничений выполнения процесса.

Такое представление позволяет перейти от графического описания бизнес-процесса к его параметрической модели. Каждая операция o_i характеризуется продолжительностью выполнения, набором необходимых ресурсов, входными и выходными данными и условиями запуска:

$$o_i = \langle t_i, R_i, D_i^{in}, D_i^{out}, C_i \rangle, \quad i=1, \dots, n, \quad (5.2)$$

где t_i - продолжительность выполнения i -й операции;
 $R_i \subseteq R$ — совокупность ресурсов, необходимых для ее выполнения;
 D_i^{in} и D_i^{out} - соответственно входные и выходные данные;
 C_i - условия и ограничения выполнения операции.

Такое представление особенно важно для агропромышленного производства, поскольку продолжительность отдельных операций не всегда является детерминированной. В исследуемых процессах время выполнения зависит от характеристик животных, действий персонала, состояния оборудования, ожидания ресурсов и других факторов. Аудит исходной модели ТОО «КТК-888» показал необходимость учета именно такой вариативности вместо использования исключительно фиксированных значений времени. Поэтому временной параметр операции может быть представлен как случайная величина:

$$t_i \sim F_i(\theta_i), \quad (5.3)$$

где F_i - закон распределения продолжительности i -й операции;
 θ_i - параметры соответствующего распределения.

Для стандартизированных операций допускается использование фиксированного значения:

$$t_i = \text{const} \quad (5.4)$$

Это позволяет в рамках одной модели сочетать детерминированные и стохастические характеристики процессов.

Продолжительность бизнес-процесса

Для оценки временной эффективности необходимо учитывать не только продолжительность непосредственно выполняемых операций, но и возникающие ожидания и простои. Поэтому общая продолжительность экземпляра бизнес-процесса может быть представлена следующим образом:

$$T_{BP} = \sum_{i=1}^n t_i + \sum_{j=1}^q t_{i\text{wait}}, \quad (5.5)$$

где T_{BP} - полная продолжительность бизнес-процесса;
 t_i - продолжительность операций, входящих в реализованный маршрут процесса;
 $t_{i\text{wait}}$ - время ожидания ресурсов, оборудования или наступления необходимых условий.

Последняя составляющая имеет принципиальное значение. В исследовании предприятия установлено наличие ожиданий освобождения доильных мест, подхода групп животных и загрузки кормораздатчика, которые исходная модель учитывала недостаточно полно. Следовательно, сокращение времени отдельной технологической операции не обязательно приводит к пропорциональному сокращению полного цикла бизнес-процесса.

Ресурсные ограничения

Для каждой операции задается потребность в ресурсах. Условие возможности ее выполнения может быть формализовано как

$$r_{ih} \leq R_h^{avail}, \quad h=1, \dots, m, \quad (5.6)$$

где r_{ih} - количество ресурса h , необходимое для выполнения операции i ; R_h^{avail} - доступное количество соответствующего ресурса.

При превышении потребности над доступностью ресурса операция не может быть начата, что приводит к формированию ожидания или очереди. Именно поэтому в имитационной модели учитываются ограничения производственной мощности оборудования и персонала. Например, в исследовании процесса доения пропускная способность ограничивается конфигурацией доильной установки «Параллель 2×16», допускающей одновременное обслуживание не более 32 животных.

Для количественной оценки использования ресурса может применяться коэффициент его загрузки:

$$KR_h = \frac{T_h^{use}}{T_h^{avail}} \times 100\%, \quad (5.7)$$

где KR_h - коэффициент загрузки ресурса h ;

T_h^{use} - продолжительность его фактического использования;

T_h^{avail} - продолжительность доступности ресурса в рассматриваемом периоде.

Высокое значение данного показателя не всегда следует интерпретировать как положительный результат: приближение загрузки ограничивающего ресурса к предельному уровню может сопровождаться формированием очередей и увеличением времени ожидания. В исходных имитационных экспериментах загрузка доильного оборудования достигала 85–95 %, одновременно наблюдалось образование очередей.

Оценка цифровой трансформации

Сравнение исходного и целевого вариантов бизнес-процесса предлагается осуществлять не по факту наличия цифровой технологии, а по изменению количественных параметров процесса. Для любого оцениваемого показателя Y относительный эффект цифровой трансформации определяется как

$$\Delta Y = \frac{Y_{TO-BE} - Y_{AS-IS}}{Y_{AS-IS}} \times 100\% \quad (5.8)$$

где Y_{AS-IS} - значение показателя для исходной модели;

$Y_{TO-BE} - Y_{AS-IS}$ - значение того же показателя для целевой модели.

Для показателей, снижение которых свидетельствует об улучшении процесса, например, продолжительности, времени ожидания или затрат, - отрицательное значение ΔY характеризует положительный эффект трансформации. Для показателей, увеличение которых является желательным - например, производительности или пропускной способности, - положительное значение ΔY отражает улучшение.

Таким образом, предлагаемая формализация устанавливает связь:

$$BP \rightarrow P(BP) \rightarrow R(BP) \rightarrow S(BP) \rightarrow EDT \quad (5.9)$$

где:

BP - структура бизнес-процесса;

P(BP)- совокупность параметров операций бизнес-процесса;

R(BP) - ресурсные ограничения процесса;

S(BP)- результаты имитационного моделирования поведения процесса;

EDT- результат цифровой трансформации бизнес-процесса.

Выражение (5.9) отражает общую логику предлагаемого подхода: структура бизнес-процесса определяет состав и последовательность операций, их параметризация позволяет учитывать временные и ресурсные характеристики, а имитационное моделирование — воспроизводить поведение процесса при заданных ограничениях. Полученные результаты используются для оценки целесообразности и результативности предлагаемых цифровых преобразований.

Представленная формализация позволяет объединить структурные, временные, ресурсные и информационные характеристики бизнес-процессов в рамках единой последовательности моделирования. На ее основе сформирована авторская методология, охватывающая этапы от определения границ исследуемой системы и построения модели текущего состояния до проектирования целевой модели, проведения имитационного эксперимента и сравнительной оценки результатов. Последовательность и взаимосвязь основных этапов методологии представлены на рисунке 5.1.

Представленная на рисунке 5.1 методология отражает последовательный переход от исследования фактической организации бизнес-процессов к проектированию их целевого состояния и количественной оценке предлагаемых преобразований. Принципиальное значение имеет то, что выбор цифровых решений осуществляется не на начальном этапе моделирования, а после формализации существующих процессов и выявления ограничений их функционирования. Тем самым цифровая технология рассматривается как средство устранения конкретной проблемы бизнес-процесса, а не как самостоятельная цель цифровой трансформации.



Рисунок 5.1 – Методология моделирования бизнес-процессов агропромышленного предприятия в условиях цифровой трансформации

Исходным этапом является определение границ моделируемой системы и состава бизнес-процессов. Для агропромышленного предприятия границы моделирования устанавливаются с учетом производственной специализации, технологической взаимосвязанности операций и целей исследования. В рамках апробации разработанного подхода на ТОО «КТК-888» в контур моделирования включены четыре производственных процесса: доение коров, кормление животных, перемещение животных и санитарная обработка помещений. Именно эти процессы представлены в исходной цифровой процессной модели предприятия.

На следующем этапе осуществляется сбор и верификация исходных данных, необходимых для воспроизведения фактического выполнения процессов. Информационную основу модели образуют сведения о последовательности технологических операций, продолжительности их выполнения, составе и доступности ресурсов, характеристиках оборудования, используемых информационных системах и существующих ограничениях. При этом параметры модели должны соответствовать наблюдаемым условиям функционирования предприятия. Проведенный аудит показал, что использование усредненных временных характеристик и неполный учет ожиданий и ресурсных ограничений требуют дополнительной калибровки модели на основе эмпирических данных.

После верификации исходных данных выполняется формализация структуры и логики бизнес-процессов. На данном этапе определяются последовательность операций, точки начала и завершения процесса, условия ветвления, параллельные маршруты, участники, ресурсы и информационные объекты. Формализация должна обеспечивать логическую целостность модели и исключать разрывы потоков управления, неоднозначность маршрутов и некорректное использование элементов нотации.

Следующий этап связан с параметризацией модели. Каждой существенной операции сопоставляются временные характеристики t_i , необходимые ресурсы R_i , входные и выходные данные, а также условия и ограничения ее выполнения. В совокупности эти параметры преобразуют графическое представление бизнес-процесса в модель, пригодную для количественного анализа и проведения имитационных экспериментов.

Особое место в предлагаемой методологии занимает диагностика ограничений и узких мест. В качестве диагностических признаков могут использоваться увеличение продолжительности процесса, образование очередей, время ожидания, высокая загрузка ограничивающих ресурсов, неравномерность их использования, избыточные ручные операции и информационные разрывы. В исследуемой модели подобные ограничения были выявлены, в частности, в процессах доения и перемещения животных, где высокая загрузка оборудования и особенности организации потоков приводили к возникновению очередей и снижению пропускной способности.

На основе результатов диагностики формируются варианты преобразования бизнес-процесса, предусматривающие изменение состава или последовательности операций, перераспределение ресурсов, автоматизацию отдельных действий, внедрение средств мониторинга и интеграцию информационных систем. После этого разрабатывается целевая модель процесса и проводится ее имитационное тестирование при сопоставимых исходных условиях.

Чтобы эта последовательность была методически прозрачной, содержание этапов целесообразно систематизировать в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Этапы методологии моделирования бизнес-процессов агропромышленного предприятия

Этап	Содержание	Основные анализируемые параметры	Результат этапа
1. Определение границ моделирования	Выделение объекта, процессов и уровня их декомпозиции	Состав процессов, входы, выходы, взаимосвязи	Контур моделируемой системы
2. Сбор и верификация данных	Изучение фактического выполнения процессов и проверка исходных параметров	Последовательность операций, время, ресурсы, оборудование, данные	Верифицированная информационная база
3. Формализация процессов	Построение структуры и логики выполнения процессов	Операции ОО, события, маршруты, условия СС, информационные потоки DD	Формализованное представление процесса
4. Параметризация модели	Задание количественных характеристик операций и ресурсов	ТТ, RR, доступность ресурсов, вероятностные параметры	Параметрическая модель
5. Формирование модели текущего состояния	Воспроизведение фактически сложившейся организации процесса	Фактическая структура, время, ресурсы и ограничения	Модель BPAS–ISBP_{AS-IS}
6. Диагностика	Выявление проблемных участков и причин снижения эффективности	Длительность, ожидания, очереди, загрузка ресурсов, ручные операции	Множество ограничений LL
7. Проектирование преобразований	Формирование организационных и цифровых решений для устранения выявленных ограничений	Изменения операций, ресурсов, оборудования и информационных потоков	Альтернативные сценарии трансформации
8. Формирование целевой модели	Включение выбранных преобразований в структуру процесса	Измененные O,T,R,D,CO,T,R,D,C	Модель BPTO–BEBP_{TO-BE}
9. Имитационное тестирование	Проведение экспериментов при сопоставимых условиях	Длительность, загрузка, ожидание, пропускная способность, затраты	Количественные результаты моделирования
10. Сравнительная оценка	Сопоставление исходной и целевой моделей	YAS–ISY_{AS-IS}, YTO–BEY_{TO-BE}, $\Delta Y \Delta Y$	Обоснование результативности предлагаемых изменений

В результате предлагаемая методология объединяет структурное и количественное представление бизнес-процессов в едином исследовательском цикле. Ее отличие от моделирования, ограниченного

графической фиксации деятельности предприятия, заключается в последовательной параметризации процессов, учете ресурсных ограничений и использовании имитационного эксперимента для проверки предлагаемых изменений. При этом переход от текущего к целевому состоянию осуществляется на основании выявленных ограничений, что обеспечивает причинную связь между диагностированной проблемой, предлагаемым цифровым решением и ожидаемым изменением параметров процесса.

Методология предусматривает итерационный характер моделирования. Если результаты имитационного эксперимента не подтверждают ожидаемого улучшения либо выявляют новые ограничения, параметры и структура целевой модели корректируются с последующим повторным тестированием. Тем самым выбор варианта цифровой трансформации осуществляется не только на основании экспертного предположения о целесообразности технологии, но и с учетом результатов количественного моделирования.

Практическая реализация разработанной методологии осуществлена на материалах ТОО «КТК-888». Для исследуемых производственных процессов были сформированы модели текущего и целевого состояний, отражающие различия в организации операций, составе ресурсов, применяемом оборудовании и использовании цифровых технологий.

5.2 Разработка моделей AS-IS и TO-BE

Разработка моделей AS-IS и TO-BE является этапом, на котором результаты диагностики бизнес-процессов преобразуются в конкретные проектные решения цифровой трансформации. Модель AS-IS фиксирует сложившуюся организацию процесса, включая состав и последовательность операций, распределение функций между исполнителями и техническими средствами, используемые данные и информационные системы, а также существующие условия и ограничения. Модель TO-BE, в свою очередь, отражает проектируемую конфигурацию процесса, сформированную с учетом выявленных ограничений и возможностей их устранения посредством организационных, технологических и цифровых изменений.

В предлагаемом подходе переход от AS-IS к TO-BE не сводится к механическому включению цифровой технологии в существующую последовательность операций. Предварительно определяется, какой элемент бизнес-процесса создает ограничение, какова причина его возникновения и какой компонент процесса должен быть изменен. Такой подход позволяет обеспечить соответствие между проблемой исходного процесса и проектируемым цифровым решением.

С учетом формализации бизнес-процесса, предложенной в п. 5.1, исходное и целевое состояния могут быть представлены соответственно:

$$BP^{AS-IS} = \langle O^0, T^0, R^0, D^0, C^0 \rangle, \quad (5.10)$$

$$BP^{TO-BE} = \langle O^1, T^1, R^1, D^1, C^1 \rangle, \quad (5.11)$$

где O - совокупность операций бизнес-процесса;
 T - их временные характеристики;
 R - используемые ресурсы;
 D - данные и информационные потоки;
 C - условия и ограничения выполнения процесса;
индексы 0 и 1 характеризуют соответственно текущее и проектируемое состояния.

Переход между двумя состояниями определяется совокупностью проектируемых преобразований:

$$Z = \{z_1, z_2, \dots, z_8\}, \quad (5.12)$$

где T - процедура преобразования исходной модели;

L - совокупность выявленных ограничений;

Z - совокупность проектируемых изменений.

Таким образом, изменения между моделями могут затрагивать различные компоненты бизнес-процесса: исключение, объединение или добавление операций изменяет O ; автоматизация и перераспределение функций - R ; изменение продолжительности и режима выполнения операций - T ; внедрение автоматизированного сбора и обработки информации - D ; изменение условий запуска операций, маршрутизации объектов и принятия решений - C . При этом цифровая трансформация может одновременно воздействовать на несколько компонентов, изменяя не только технологию выполнения отдельных операций, но и общую логику процесса.

Формирование моделей AS-IS исследуемых бизнес-процессов

Апробация данного подхода осуществлялась на материалах молочно-товарной фермы ТОО «КТК-888». В исследование включены семь бизнес-процессов: разработка схемы кормления животных, кормление нескольких групп животных, уборка помещений содержания животных, подготовка к доению, непосредственно процесс доения, выгонка животных после доения и ежедневный ветеринарно-зоотехнический обход.

Выбор данной совокупности процессов позволяет охватить различные виды деятельности животноводческого предприятия: информационно-аналитические операции, непосредственные производственные процессы, перемещение животных, санитарное

обслуживание и ветеринарно-зоотехнический контроль. Это имеет методическое значение, поскольку потенциал цифровой трансформации определяется не только уровнем первоначальной автоматизации, но и характером выполняемых операций, интенсивностью использования данных, зависимостью от ручного труда и существующими ресурсными ограничениями.

При формировании моделей AS-IS воспроизводилась фактическая логика выполнения процессов. Анализ показал, что степень участия персонала и технических средств существенно различается, однако для большинства исследуемых процессов характерны ручной сбор и обработка информации, визуальный контроль, непосредственное участие работников в принятии операционных решений и недостаточная интеграция производственных данных.

Так, исходный процесс А5.4.2 «Разработка схемы для кормов» включал три последовательных этапа: сбор и анализ исходных данных, подбор и расчет рационов и составление схемы кормления. Наиболее существенной особенностью AS-IS являлась зависимость процесса от ручной обработки информации и экспертной работы специалиста-зоотехника.

Процесс А5.4.3 «Кормление на несколько групп» имел более сложную операционную структуру и включал десять операций — от подготовки ингредиентов и загрузки компонентов в миксер до транспортировки кормов и ручной регистрации их расхода. В исходной конфигурации существенная часть процесса была связана со вспомогательными операциями, перемещением техники и ожиданием ресурсов.

В модели AS-IS процесса А5.4.5 «Уборка помещений содержания животных» преобладали ручные операции. Процесс включал перемещение животных между секциями, обслуживание поилок, ручное удаление навоза из стойл, очистку проходов и добавление подстилки. Наиболее трудоемкими являлись операции непосредственной очистки помещений, что обуславливало высокую зависимость процесса от трудовых ресурсов.

Исходная модель А5.5.2 «Подготовка к доению» также характеризовалась значительной ролью ручного труда. Сопровождение животных, их распределение по секциям, подготовка рабочего пространства и другие операции выполнялись персоналом при отсутствии автоматизированного контроля движения животных.

Наиболее разветвленной среди исследуемых являлась модель AS-IS непосредственно процесса доения А5.5.3. Она включала шестнадцать операций, связанных с перемещением животных, подготовкой вымени, распределением по доильным точкам, контролем состояния животных, подключением оборудования, управлением потоками молока, завершением доения и обслуживанием оборудования. Несмотря на использование

технических средств, значительная часть контрольных и управляющих функций сохранялась за оператором.

В процессе А5.5.4 «Выгонка животных с доения» исходная организация предусматривала непосредственное участие работника в управлении движением животных после завершения доения. Работник обеспечивал их выход из доильной зоны и направление дальнейшего движения, тогда как идентификация и маршрутизация не были интегрированы в автоматизированную систему управления стадом.

Наконец, AS-IS процесса А5.6.1 «Ежедневный обход» основывался преимущественно на визуальном наблюдении за животными. Специалисты последовательно оценивали условия содержания и состояние животных, после чего принимали решение о необходимости изоляции больных или подозрительных особей. Такая организация предполагала обследование стада специалистами независимо от наличия предварительно выявленных признаков отклонения.

Сопоставление моделей AS-IS позволяет выделить несколько общих ограничений: высокую зависимость отдельных операций от ручного труда; участие квалифицированных специалистов в выполнении рутинных информационно-аналитических действий; ручной или визуальный контроль состояния объектов; наличие вспомогательных операций, не формирующих непосредственного результата процесса; недостаточную автоматизацию идентификации и маршрутизации животных; разрыв между получением производственных данных и их использованием для принятия операционных решений. Вместе с тем выраженность и характер этих ограничений различаются по процессам, что исключает применение единого цифрового решения для всей их совокупности.

Формирование целевых моделей ТО-ВЕ

При разработке моделей ТО-ВЕ исходным условием являлось сохранение функционального назначения каждого бизнес-процесса при изменении способов достижения его результата. Иными словами, цифровой трансформации подвергался не конечный результат процесса как таковой, а способ его формирования — последовательность операций, распределение функций между человеком и технической системой, механизмы получения и обработки данных и условия принятия решений.

Для процесса «Разработка схемы для кормов» основным направлением преобразования стало сокращение ручной информационно-аналитической работы. В ТО-ВЕ функции анализа данных, расчета рационов и формирования схемы кормления интегрируются в специализированную информационную систему DairyComp 305. В результате вместо трех последовательных ручных этапов предусматриваются внесение актуальных данных и автоматизированное формирование схемы кормления.

В процессе «Кормление на несколько групп» преобразование затрагивает как производственные операции, так и управление ими. Целевая модель предусматривает применение автоматизированного кормораздатчика KUHN SPW Intense и цифровой системы управления кормлением. Автоматизируются выбор группы животных и рецепта, контроль дозировки компонентов, смешивание и учет выполненных операций; функции планирования и контроля объединяются в едином цифровом контуре.

Для процесса «Уборка помещений содержания животных» изменение носит иной характер. Если в AS-IS выполнение уборки преимущественно определяется установленной последовательностью ручных действий, то TO-BE предусматривает использование данных о фактическом состоянии помещений. В модель включаются мониторинг состояния среды, автоматизированное формирование заданий и PLC-управляемые средства удаления навоза. Тем самым изменяется сама логика управления процессом: от преимущественно периодического выполнения работ — к управлению на основании данных мониторинга.

Целевая модель подготовки к доению предусматривает интеграцию системы Datamars, автоматической идентификации животных и цифрового управления маршрутами их движения. Идентификация при подходе к доильной зоне, передача информации в систему управления стадом, формирование списков и управление автоматическими воротами становятся элементами единого информационно-управляющего контура.

В модели TO-BE процесса доения цифровое преобразование связано с интеграцией автоматизированного доильного оборудования с системой управления стадом Datamars. Автоматизации подлежат идентификация животных, оценка их состояния, присвоение цифрового статуса, управление оборудованием и потоками молока. В частности, целевая конфигурация предусматривает автоматическое выявление животных с признаками заболеваний и направление соответствующего молока в отдельные емкости.

Для выгонки животных после доения изменение состава процесса относительно невелико, однако изменяется способ выполнения одной из его ключевых функций. Ручное управление движением заменяется RFID-идентификацией и автоматизированной маршрутизацией посредством управляемых ворот, а информация о перемещении животных интегрируется в систему управления стадом.

Наиболее существенное изменение логики принятия решений предусматривается в TO-BE процесса «Ежедневный обход». Вместо сплошного визуального обследования стада система Datamars обеспечивает сбор и анализ данных о физиологических показателях животных и формирование перечня особей с повышенным риском отклонений. Работа специалиста тем самым концентрируется на адресном

обследовании животных, отобранных по результатам цифрового мониторинга.

Проведенный анализ показывает, что содержание перехода от AS-IS к TO-BE существенно различается в зависимости от природы бизнес-процесса. Для информационно-аналитических процессов основным механизмом является автоматизация обработки данных и поддержки принятия решений; для технологических — интеграция оборудования с цифровыми системами управления; для процессов перемещения — автоматическая идентификация и маршрутизация; для контрольных процессов — переход от периодического визуального наблюдения к мониторингу на основе данных. Следовательно, цифровая трансформация исследуемого предприятия представляет собой не унифицированную автоматизацию совокупности операций, а дифференцированное перепроектирование процессов в соответствии с характером выявленных ограничений.

Проведенный анализ моделей AS-IS и сформированных на их основе моделей TO-BE показывает, что содержание цифровой трансформации определяется характером ограничений конкретного бизнес-процесса. В одних случаях преобразования направлены преимущественно на автоматизацию обработки информации и расчетных операций, в других — на изменение технологии выполнения производственных операций, автоматизацию идентификации и перемещения животных либо переход от визуального контроля к мониторингу на основе данных. При этом цифровое решение рассматривалось не изолированно, а во взаимосвязи с тем элементом процесса, изменение которого необходимо для устранения выявленного ограничения.

Для систематизации разработанных проектных решений и выявления общей логики перехода от текущего к целевому состоянию в таблице 5.2 представлены ключевые характеристики моделей AS-IS, выявленные ограничения, соответствующие направления цифровых преобразований и характеристики сформированных моделей TO-BE.

Систематизация разработанных моделей показывает, что переход от AS-IS к TO-BE сопровождается изменением не только состава операций, но и принципов организации исследуемых бизнес-процессов. Общей тенденцией является перенос части функций наблюдения, обработки информации, контроля и принятия операционных решений из ручного контура в цифровой. При этом глубина преобразований определяется спецификой конкретного процесса: в одних случаях происходит сокращение и автоматизация операций, в других — расширение модели за счет новых операций сбора и анализа данных, которые отсутствовали в исходном состоянии.

Таблица 5.2 – Направления преобразования бизнес-процессов при переходе от AS-IS к TO-BE

Бизнес-процесс	Ключевая характеристика AS-IS	Основное ограничение	Проектируемое изменение	Ключевая характеристика TO-BE
Разработка схемы для кормов	Ручной анализ данных и расчет рационов	Высокая зависимость от экспертного труда и ручной обработки информации	Интеграция DairyComp 305, автоматизация расчетов	Автоматизированное формирование схемы кормления на основе актуальных данных
Кормление нескольких групп	Многоэтапная организация приготовления и раздачи кормов	Вспомогательные операции, ожидание ресурсов, ручной учет	Автоматизированный кормораздатчик и цифровое управление кормлением	Интегрированное управление рецептурой, дозированием, смешиванием и учетом
Уборка помещений	Преимущественно ручная периодическая уборка	Высокая трудоемкость и зависимость от персонала	Мониторинг состояния помещений и автоматизированные средства уборки	Управление санитарным обслуживанием на основании данных мониторинга
Подготовка к доению	Ручное сопровождение и распределение животных	Зависимость движения стада от действий персонала	Datamars, идентификация и автоматическое управление воротами	Автоматизированная идентификация и маршрутизация животных
Процесс доения	Значительная доля ручных контрольных операций	Участие оператора в контроле животных и управлении потоками молока	Интеграция Datamars и автоматизированного доильного оборудования	Управление доением и потоками молока с использованием данных о состоянии животных
Выгонка животных с доения	Ручное управление движением	Зависимость маршрутизации от персонала	RFID и автоматические ворота	Автоматическая идентификация и маршрутизация
Ежедневный обход	Сплошной визуальный осмотр стада	Высокая трудоемкость контроля и зависимость от специалиста	Непрерывный цифровой мониторинг физиологических показателей	Риск-ориентированный адресный контроль животных

Примечание – Составлено авторами по результатам моделирования бизнес-процессов ТОО «КТК-888».

Поэтому уменьшение количества операций не может рассматриваться как универсальный критерий оптимальности модели TO-BE. Например, при цифровизации санитарного обслуживания число моделируемых операций увеличивается вследствие включения

мониторинга, анализа состояния помещений и автоматизированного формирования управляющих воздействий. Аналогичная ситуация наблюдается при подготовке к доению, где расширение цифрового функционала увеличивает детализацию модели, одновременно изменяя способ выполнения процесса. Следовательно, результатом перепроектирования является не формальное упрощение процессной схемы, а формирование такой конфигурации, в которой цифровые технологии обеспечивают устранение выявленных ограничений и изменение механизма управления процессом.

Разработанные модели AS-IS и TO-BE сформировали основу для построения единой цифровой процессной модели исследуемого агропромышленного предприятия. Для проведения последующего количественного анализа потребовалась формализация структуры процессов в программной среде, задание характеристик исполнителей и оборудования, временных и стоимостных параметров операций, а также условий использования ресурсов.

5.3 Разработка цифровой модели агропромышленного предприятия средствами Business Studio

5.3.1 Разработка и апробация цифровой модели А5.4.2 «Разработка схемы для кормов»

В рамках исследования выполнено моделирование процесса А5.4.2 «Разработка схемы для кормов» до и после цифровой трансформации предприятия (Приложение Б, В).

Целью моделирования являлась количественная оценка влияния цифровых технологий на эффективность одного из ключевых зоотехнических процессов животноводческого предприятия.

Анализ исходной модели (AS-IS) показал, что разработка схемы кормления осуществлялась преимущественно в ручном режиме и включала три последовательных этапа: сбор и анализ исходных данных, подбор и расчет рационов, а также составление схемы кормления. Средняя продолжительность выполнения процесса составляла 3 часа 13 минут 56 секунд, а средняя стоимость одного цикла процесса достигала 9182,76 тенге. Основная часть временных затрат приходилась на операции обработки информации и расчета рационов, требующие непосредственного участия высококвалифицированного специалиста-зоотехника.

В результате цифровой трансформации была разработана TO-BE модель процесса, основанная на использовании специализированного программного комплекса DiaryComp 305. В новой модели функции анализа данных, расчета рационов и формирования схем кормления были

автоматизированы и интегрированы в единую цифровую среду. Процесс был преобразован в два основных этапа: внесение актуальных данных в информационную систему и автоматизированное формирование схемы кормления.

Результаты имитационного моделирования продемонстрировали существенное повышение эффективности процесса. Средняя продолжительность выполнения сократилась с 3 часов 13 минут 56 секунд до 3 минут 59 секунд, что соответствует снижению временных затрат на 97,9 %. Одновременно средняя стоимость выполнения одного процесса уменьшилась с 9182,76 до 189,28 тенге, также показав снижение на 97,9 %. При этом количество завершенных процессов в расчете на сутки увеличилось с 7 до 332,5, то есть более чем в 47 раз. Кроме того, цифровая модель полностью устранила случаи незавершенных процессов, зафиксированные в исходной модели.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что основной эффект цифровой трансформации достигается не только за счет ускорения отдельных операций, но и благодаря изменению самой логики управления процессом. Использование специализированного программного обеспечения позволяет перевести функции расчета рационов из режима экспертного ручного анализа в режим автоматизированной обработки данных, обеспечивая оперативное формирование схем кормления на основе актуальной информации о животных, их продуктивности и потребностях в кормах.

Научная новизна полученного результата заключается в разработке и количественном обосновании цифровой модели зоотехнического бизнес-процесса, позволяющей оценивать влияние автоматизации на производительность и ресурсоемкость процессов животноводческого предприятия средствами имитационного моделирования. В отличие от традиционных подходов, основанных преимущественно на экспертных оценках, предложенная модель обеспечивает возможность объективного измерения организационно-экономического эффекта цифровизации на основе формализованных показателей времени, стоимости и пропускной способности процесса.

Практическая значимость результата состоит в том, что разработанная модель может быть использована сельскохозяйственными предприятиями при внедрении цифровых систем управления кормлением животных, а также органами управления агропромышленным комплексом для обоснования направлений цифровой модернизации животноводства. Внедрение подобных решений способствует повышению производительности труда специалистов, снижению операционных затрат, повышению точности расчетов рационов и созданию предпосылок для формирования интеллектуальной системы поддержки принятия решений в животноводстве.

По результатам сравнения моделей AS-IS (до цифровой трансформации) и TO-BE (после цифровой трансформации) процесса А5.4.2 «Разработка схемы для кормов» научный результат представлен в таблице 5.3.

Таблица 5.3. Сравнительный анализ результатов имитационного моделирования

Показатель	До цифровой трансформации (AS-IS)	После цифровой трансформации (TO-BE)	Изменение
Средняя длительность процесса	3 ч 13 мин 56 сек	3 мин 59 сек	сокращение на 97,9 %
Средняя стоимость процесса	9 182,76 тг	189,28 тг	сокращение на 97,9 %
Количество подпроцессов	3	2	упрощение структуры
Количество завершенных процессов в день	7,03	332,5	рост в 47,3 раза
Незавершенные экземпляры	1	0	устранены полностью

До цифровой трансформации процесс формирования схемы кормления включал три трудоемких этапа: сбор и анализ исходных данных (59 мин 57 сек), подбор и расчет рациона (34 мин 37 сек) и составление схемы кормления (1 ч 39 мин 20 сек). Общая продолжительность процесса составляла более трех часов, а средняя стоимость одного цикла достигала 9182,76 тенге.

После внедрения цифрового решения на основе программного комплекса DiaryComp 305 процесс был трансформирован в два этапа: внесение актуальных данных в систему и автоматизированная разработка схемы кормления. При этом наиболее трудоемкие операции расчета рационов и формирования схем были автоматизированы, что позволило сократить продолжительность процесса до 3 минут 59 секунд при стоимости 189,28 тенге на один цикл выполнения.

Выводы:

Результаты имитационного моделирования процесса А5.4.2 «Разработка схемы для кормов» подтвердили высокую эффективность внедрения цифровых технологий в деятельность животноводческого предприятия. Проведенное сравнение моделей AS-IS и TO-BE показало, что использование специализированного программного обеспечения DiaryComp 305 позволяет радикально повысить эффективность процесса за счет автоматизации операций по анализу данных, расчету рационов и формированию схем кормления.

В результате цифровой трансформации продолжительность выполнения процесса сократилась с 3 часов 13 минут 56 секунд до 3 минут 59 секунд, что соответствует снижению временных затрат на 97,9 %. Одновременно стоимость выполнения одного процесса уменьшилась с 9182,76 до 189,28 тенге, обеспечив экономию ресурсов также на 97,9 %. Производительность процесса возросла более чем в 47 раз: количество завершенных операций увеличилось с 7 до 332,5 в сутки. Кроме того, цифровая модель обеспечила полное устранение незавершенных процессов и снижение зависимости результатов от человеческого фактора.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что цифровизация процессов управления кормлением является одним из наиболее эффективных направлений повышения производительности животноводческих предприятий. Разработанная цифровая модель не только обеспечивает значительное сокращение трудовых и финансовых затрат, но и создает основу для перехода к интеллектуальному управлению производственными процессами на основе данных. Таким образом, внедрение цифровых инструментов поддержки принятия решений в сфере кормления животных способствует повышению экономической эффективности, технологической устойчивости и конкурентоспособности предприятий агропромышленного комплекса.

5.3.2. Разработка и апробация цифровой модели A5.4.3 «Кормление на несколько групп»

В рамках исследования выполнено моделирование процесса A5.4.3 «Кормление на несколько групп» до и после цифровой трансформации животноводческого предприятия (Приложение Г, Д).

Целью моделирования являлась количественная оценка влияния цифровых технологий и автоматизированного кормораздаточного оборудования на эффективность процесса приготовления, транспортировки и раздачи кормов различным группам животных.

Анализ исходной модели (AS-IS) показал, что процесс кормления осуществлялся преимущественно на основе традиционной технологии и включал десять последовательных операций: ознакомление с порядком кормления, подготовку ингредиентов, загрузку компонентов в миксер, добавление воды, смешивание ингредиентов, уборку корма с путей движения, развоз корма, подготовку следующего замеса, нарезку тюков соломы и ручное внесение данных в журнал учета расхода кормов. Значительная часть времени расходовалась на выполнение вспомогательных операций, перемещение техники и ожидание ресурсов. Средняя продолжительность одного цикла процесса составляла 12 часов 44 минуты 40 секунд, а средняя стоимость достигала 7582,47 тенге. При этом в структуре процесса наблюдались существенные временные потери,

связанные с ожиданием выполнения операций и нахождением процессов в очередях.

В результате цифровой трансформации была разработана ТО-ВЕ модель процесса, основанная на использовании автоматизированного кормораздатчика KUHN SPW Intense и цифровой системы управления кормлением животных. В новой модели были автоматизированы операции выбора группы животных и рецепта кормления, контроля дозировки компонентов, смешивания кормов и учета выполненных операций. Количество подпроцессов сократилось с десяти до семи, а функции планирования и контроля были интегрированы в единую цифровую систему управления кормлением.

Результаты имитационного моделирования продемонстрировали существенное повышение эффективности процесса. Средняя продолжительность выполнения сократилась с 12 часов 44 минут 40 секунд до 3 часов 25 минут 39 секунд, что соответствует снижению временных затрат на 73,1 %. Средняя стоимость выполнения одного процесса уменьшилась с 7582,47 до 7400,22 тенге. Наиболее значимый эффект был достигнут за счет сокращения простоев техники, исключения части ручных операций и повышения производительности процесса кормления. Количество завершенных процессов в расчете на сутки увеличилось с 1,8 до 6,8, то есть почти в 3,8 раза. Одновременно существенно сократилось количество операций, не создающих добавленной стоимости, связанных с подготовкой, документированием и организацией кормления.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что основной эффект цифровой трансформации достигается за счет автоматизации управления кормовыми ресурсами, интеграции оборудования с цифровой системой контроля и сокращения времени выполнения вспомогательных операций. Использование специализированного программного обеспечения и интеллектуального кормораздаточного оборудования обеспечивает более точное соблюдение рационов кормления, снижение вероятности ошибок персонала и повышение эффективности использования техники.

Научная новизна полученного результата заключается в разработке и количественном обосновании цифровой модели процесса кормления нескольких групп животных, позволяющей оценивать влияние цифровизации на производительность, ресурсоемкость и организационную эффективность кормления средствами имитационного моделирования. В отличие от традиционных методов организации кормления, основанных на ручном контроле операций, предложенная модель обеспечивает объективную оценку организационно-экономического эффекта цифровой трансформации на основе формализованных показателей времени, стоимости и пропускной способности процесса.

Практическая значимость результата состоит в том, что разработанная модель может быть использована животноводческими предприятиями при внедрении автоматизированных систем кормления, цифровых платформ управления производством и интеллектуального кормораздаточного оборудования. Внедрение подобных решений способствует повышению производительности труда персонала, улучшению качества кормления животных, сокращению простоев техники и повышению общей эффективности производственных процессов в животноводстве.

Таблица 5.4 - Сравнительный анализ результатов имитационного моделирования процесса А5.4.3 «Кормление на несколько групп»

Показатель	До цифровой трансформации (AS-IS)	После цифровой трансформации (TO-BE)	Изменение
Средняя длительность процесса	12 ч 44 мин 40 сек	3 ч 25 мин 39 сек	сокращение на 73,1 %
Средняя стоимость процесса	7582,47 тг	7400,22 тг	снижение на 2,4 %
Количество подпроцессов	10	7	упрощение структуры
Количество завершенных процессов в день	1,8	6,8	рост в 3,8 раза
Незавершенные экземпляры	1	1	без изменений
Время ожидания и очередей	11 ч 29 мин 58 сек	отсутствует	устранено полностью

До цифровой трансформации процесс кормления включал большое количество вспомогательных операций и характеризовался значительными временными потерями. Наиболее трудоемкими этапами являлись подготовка ингредиентов для корма (1 час 59 минут 28 секунд), засыпание ингредиентов в миксер (3 часа 28 минут 37 секунд), развоз корма (2 часа 21 минута 42 секунды), подготовка следующего замеса ингредиентов (1 час 47 минут 24 секунды) и внесение данных вручную в журнал учета расхода кормов (1 час 27 минут). Существенную долю общего времени занимали ожидание выполнения операций и очереди, которые суммарно превышали 11 часов на один цикл процесса.

После внедрения цифрового решения на основе автоматизированного кормораздатчика KUHN SPW Intense процесс был оптимизирован и объединен в семь основных операций. Автоматизация выбора рецептов кормления, контроля дозировки и управления кормораздатчиком позволила полностью устранить потери времени на ожидание и очереди, сократить длительность производственного цикла

более чем в три раза и значительно увеличить пропускную способность процесса. При этом сохранившийся уровень прямых затрат обусловлен использованием высокопроизводительного специализированного оборудования, которое обеспечивает более высокое качество выполнения операций и позволяет существенно повысить производительность труда.

Выводы:

Результаты имитационного моделирования процесса А5.4.3 «Кормление на несколько групп» подтвердили высокую эффективность внедрения цифровых технологий и автоматизированного кормораздаточного оборудования в систему управления кормлением животных. Проведенное сравнение моделей AS-IS и TO-BE показало, что использование цифровых инструментов позволяет существенно повысить эффективность организации кормления за счет сокращения количества операций, устранения временных потерь и повышения производительности технических средств.

В результате цифровой трансформации продолжительность выполнения процесса сократилась с 12 часов 44 минут 40 секунд до 3 часов 25 минут 39 секунд, что соответствует снижению временных затрат на 73,1 %. Одновременно количество завершенных процессов увеличилось с 1,8 до 6,8 в сутки, обеспечив рост производительности почти в 3,8 раза. Особое значение имеет полное устранение времени ожидания и очередей, которые в исходной модели составляли более 11 часов на один цикл кормления.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что цифровизация процессов кормления животных является важным направлением повышения эффективности животноводческого производства. Разработанная цифровая модель обеспечивает более рациональное использование техники и трудовых ресурсов, способствует повышению точности соблюдения рационов кормления и создает предпосылки для формирования интеллектуальной системы управления производственными процессами на животноводческих предприятиях. Внедрение подобных решений позволяет повысить технологическую устойчивость, производительность и конкурентоспособность предприятий агропромышленного комплекса.

5.3.3. Разработка и апробация цифровой модели А5.4.5 «Уборка помещений содержания животных»

В рамках исследования выполнено моделирование процесса А5.4.5 «Уборка помещений содержания животных» до и после цифровой трансформации животноводческого предприятия (Приложение Е, Ж).

Целью моделирования являлась количественная оценка влияния цифровых технологий, автоматизированных систем мониторинга и

роботизированного оборудования на эффективность санитарного обслуживания помещений содержания животных.

Анализ исходной модели (AS-IS) показал, что уборка помещений осуществлялась преимущественно в ручном режиме и включала пять основных операций: перевод животных между секциями, обслуживание поилок, ручную уборку навоза из стойл, очистку проходов и добавление подстилки. Наиболее трудоемкими этапами являлись уборка навоза вручную из стойл (3 часа 54 минуты 32 секунды) и уборка навоза с проходов (2 часа 16 минут 49 секунд), на которые приходилось более 80 % общей продолжительности процесса. Средняя длительность одного цикла уборки составляла 5 часов 16 минут 57 секунд, а средняя стоимость достигала 10890,92 тенге. Процесс характеризовался высокой трудоемкостью, значительной зависимостью от человеческого фактора и ограниченной производительностью персонала.

В результате цифровой трансформации была разработана TO-BE модель процесса, основанная на использовании системы мониторинга состояния помещений, PLC-управляемого автоматизированного скрепера для удаления навоза и цифровых средств поддержки принятия решений. В новой модели были автоматизированы операции сбора данных с датчиков, анализа состояния помещений, формирования заданий на уборку и управления роботизированными средствами очистки. Кроме того, были внедрены механизмы автоматизированного удаления навоза и распределения подстилки, что позволило значительно снизить объем ручного труда.

Результаты имитационного моделирования продемонстрировали существенное повышение эффективности процесса. Средняя продолжительность выполнения сократилась с 5 часов 16 минут 57 секунд до 2 часов 57 минут 22 секунд, что соответствует снижению временных затрат на 44,0 %. Одновременно средняя стоимость выполнения одного цикла уменьшилась с 10890,92 до 7016,02 тенге, обеспечив снижение затрат на 35,6 %. Количество завершенных процессов в расчете на сутки увеличилось с 4,5 до 6,0, что соответствует росту производительности на 33,3 %. Кроме того, цифровая модель полностью устранила случаи незавершенных процессов, зафиксированные в исходной модели.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что основной эффект цифровой трансформации достигается за счет перехода от периодической ручной уборки к системе непрерывного мониторинга и автоматизированного управления санитарным состоянием помещений. Использование датчиков и роботизированного оборудования позволяет своевременно выявлять зоны загрязнения, оптимизировать маршруты уборки и снижать потребность в ручном труде.

Научная новизна полученного результата заключается в разработке и количественном обосновании цифровой модели санитарного

обслуживания животноводческих помещений, основанной на интеграции систем мониторинга, автоматизированных средств уборки и цифрового управления производственными операциями. В отличие от традиционного подхода, основанного на ручном выполнении работ по установленному графику, предложенная модель обеспечивает динамическое управление процессом уборки на основе данных о фактическом состоянии помещений и позволяет объективно оценивать организационно-экономический эффект цифровизации средствами имитационного моделирования.

Практическая значимость результата состоит в том, что разработанная модель может быть использована животноводческими предприятиями при внедрении систем точного животноводства, роботизированных комплексов удаления навоза и цифровых платформ мониторинга производственной среды. Применение подобных решений способствует улучшению санитарно-гигиенических условий содержания животных, снижению трудозатрат персонала, повышению производительности работ и сокращению эксплуатационных расходов.

Таблица 5.5 - Сравнительный анализ результатов имитационного моделирования процесса А5.4.5 «Уборка помещений содержания животных»

Показатель	До цифровой трансформации (AS-IS)	После цифровой трансформации (TO-BE)	Изменение
Средняя длительность процесса	5 ч 16 мин 57 сек	2 ч 57 мин 22 сек	сокращение на 44,0 %
Средняя стоимость процесса	10890,92 тг	7016,02 тг	сокращение на 35,6 %
Количество подпроцессов	5	13	повышение детализации и автоматизации
Количество завершенных процессов в день	4,5	6,0	рост на 33,3 %
Незавершенные экземпляры	1	0	устранены полностью
Использование систем мониторинга и автоматизации	отсутствует	внедрено	цифровизация процесса

До цифровой трансформации процесс уборки помещений основывался преимущественно на ручном труде работников фермы и трактористов. Основные временные затраты были связаны с ручной уборкой навоза из стойл (3 часа 54 минуты 32 секунды) и очисткой проходов (2 часа 16 минут 49 секунд). Общая продолжительность процесса превышала пять часов, а средняя стоимость одного цикла составляла

10890,92 тенге. Существенная часть операций выполнялась без применения средств автоматизации и цифрового контроля санитарного состояния помещений.

После внедрения цифрового решения процесс был преобразован в систему непрерывного мониторинга и автоматизированного управления уборкой. Были внедрены операции сбора данных с датчиков, анализа состояния помещений, формирования заданий роботизированным средствам уборки и автоматизированного удаления навоза. Использование PLC-управляемого скрепера, системы мониторинга и цифрового контроля позволило сократить продолжительность процесса до 2 часов 57 минут 22 секунд при стоимости 7016,02 тенге на один цикл выполнения.

Выводы:

Результаты имитационного моделирования процесса А5.4.5 «Уборка помещений содержания животных» подтвердили высокую эффективность внедрения цифровых технологий в систему санитарного обслуживания животноводческих объектов. Проведенное сравнение моделей AS-IS и TO-BE показало, что использование систем мониторинга, автоматизированных средств уборки и цифрового управления позволяет существенно повысить эффективность процесса за счет сокращения ручного труда и повышения оперативности выполнения работ.

В результате цифровой трансформации продолжительность выполнения процесса сократилась с 5 часов 16 минут 57 секунд до 2 часов 57 минут 22 секунд, что соответствует снижению временных затрат на 44,0 %. Одновременно стоимость выполнения одного процесса уменьшилась с 10890,92 до 7016,02 тенге, обеспечив экономию ресурсов на 35,6 %. Производительность процесса возросла на 33,3 %, а количество завершенных операций увеличилось с 4,5 до 6 в сутки. Кроме того, цифровая модель обеспечила полное устранение незавершенных процессов и снижение зависимости результатов от человеческого фактора.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что цифровизация процессов санитарного обслуживания является важным направлением повышения эффективности животноводческих предприятий. Разработанная цифровая модель обеспечивает сокращение трудовых и финансовых затрат, повышение качества содержания животных и создает основу для внедрения интеллектуальных систем управления производственной средой. Таким образом, использование цифровых инструментов мониторинга и автоматизированной уборки способствует повышению экономической эффективности, биобезопасности и устойчивости животноводческого производства.

5.3.4 Разработка и апробация цифровой модели A5.5.2 «Подготовка к доению»

В рамках исследования выполнено моделирование процесса A5.5.2 «Подготовка к доению» до и после цифровой трансформации животноводческого предприятия (Приложение 3, И).

Целью моделирования являлась количественная оценка влияния цифровых технологий идентификации животных, автоматизированного управления стадом и интеллектуальной маршрутизации животных на эффективность подготовительных операций перед доением.

Анализ исходной модели (AS-IS) показал, что подготовка к доению осуществлялась преимущественно в ручном режиме и включала семь последовательных операций: переодевание персонала, сопровождение животных в доильную яму, подготовку средств обработки сосков, распределение животных по секциям корпуса, подготовку ветоши, уборку рабочего пространства и уборку галереи. Наиболее трудоемкими этапами являлись сопровождение животных в доильную яму (25 минут 36 секунд), распределение животных по секциям корпуса (24 минуты 54 секунды), уборка рабочего пространства (35 минут 09 секунд) и уборка галереи (24 минуты 38 секунд). Средняя продолжительность одного цикла подготовки составляла 1 час 25 минут 42 секунды, а средняя стоимость достигала 2854,83 тенге. Процесс характеризовался высокой зависимостью от ручного труда персонала и отсутствием автоматизированного контроля движения животных.

В результате цифровой трансформации была разработана TO-BE модель процесса, основанная на использовании системы управления стадом Datamars, автоматической идентификации животных и цифрового управления маршрутами их перемещения. В новой модели были автоматизированы операции идентификации животных при подходе и входе в доильную яму, передачи данных в систему управления стадом, анализа информации о животных, формирования списков и управления автоматическими воротами. В результате подготовительный процесс был интегрирован в единую цифровую систему управления доением, обеспечивающую автоматическое распределение животных по необходимым секциям и оперативное принятие решений на основе данных.

Результаты имитационного моделирования продемонстрировали существенное повышение эффективности процесса. Средняя продолжительность подготовки к доению сократилась с 1 часа 25 минут 42 секунд до 13 минут 18 секунд, что соответствует снижению временных затрат на 84,5 %. Одновременно средняя стоимость выполнения одного цикла уменьшилась с 2854,83 до 604,81 тенге, обеспечив снижение затрат на 78,8 %. Количество завершенных процессов в расчете на сутки

увеличилось с 16,5 до 107,8, то есть более чем в 6,5 раза. При этом цифровая трансформация обеспечила практически непрерывное выполнение операций подготовки без увеличения численности персонала.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что основной эффект цифровой трансформации достигается за счет автоматизации процессов идентификации животных, управления потоками стада и принятия решений по маршрутизации животных перед доением. Использование цифровых технологий позволяет существенно сократить время перемещения животных, исключить ряд ручных операций и обеспечить более эффективную организацию работы доильного комплекса.

Научная новизна полученного результата заключается в разработке и количественном обосновании цифровой модели подготовки животных к доению, основанной на интеграции технологий автоматической идентификации, управления стадом и интеллектуальной маршрутизации животных. В отличие от традиционного подхода, предполагающего ручное сопровождение и распределение животных, предложенная модель обеспечивает автоматизированное управление подготовительным этапом доения и позволяет объективно оценивать эффект цифровизации на основе показателей времени, стоимости и пропускной способности процесса.

Практическая значимость результата состоит в том, что разработанная модель может быть использована животноводческими предприятиями при внедрении технологий точного животноводства, систем управления стадом и автоматизированных доильных комплексов. Использование подобных решений способствует сокращению трудозатрат, повышению производительности персонала, улучшению организации доения и повышению общей эффективности молочного производства.

Таблица 5.6 - Сравнительный анализ результатов имитационного моделирования процесса А5.5.2 «Подготовка к доению»

Показатель	До цифровой трансформации (AS-IS)	После цифровой трансформации (TO-BE)	Изменение
Средняя длительность процесса	1 ч 25 мин 42 сек	13 мин 18 сек	сокращение на 84,5 %
Средняя стоимость процесса	2854,83 тг	604,81 тг	сокращение на 78,8 %
Количество подпроцессов	7	13	расширение цифрового функционала
Количество завершенных процессов в день	16,5	107,8	рост в 6,5 раза
Незавершенные экземпляры	1	1	без изменений
Автоматическая идентификация животных	отсутствует	внедрена	цифровизация процесса

До цифровой трансформации подготовка к доению включала преимущественно ручные операции сопровождения животных, их распределения по секциям и подготовки рабочих мест. Наиболее трудоемкими этапами являлись сопровождение животных в доильную яму (25 минут 36 секунд), распределение животных по секциям корпуса (24 минуты 54 секунды) и уборка рабочего пространства (35 минут 09 секунд). Общая продолжительность процесса превышала 1 час 25 минут, а средняя стоимость одного цикла составляла 2854,83 тенге.

После внедрения цифрового решения на основе системы Datamars процесс был дополнен функциями автоматической идентификации животных, передачи данных в систему управления стадом, автоматизированного анализа информации и управления воротами. В результате продолжительность процесса сократилась до 13 минут 18 секунд, а стоимость выполнения снизилась до 604,81 тенге. Автоматизация позволила значительно ускорить прохождение животных через подготовительный этап и увеличить пропускную способность доильного комплекса.

Выводы:

Результаты имитационного моделирования процесса А5.5.2 «Подготовка к доению» подтвердили высокую эффективность внедрения цифровых технологий управления стадом и автоматической идентификации животных. Проведенное сравнение моделей AS-IS и TO-BE показало, что использование цифровых инструментов позволяет существенно повысить эффективность организации подготовительных операций перед доением за счет автоматизации процессов контроля и маршрутизации животных.

В результате цифровой трансформации продолжительность выполнения процесса сократилась с 1 часа 25 минут 42 секунд до 13 минут 18 секунд, что соответствует снижению временных затрат на 84,5 %. Одновременно стоимость выполнения одного процесса уменьшилась с 2854,83 до 604,81 тенге, обеспечив экономию ресурсов на 78,8 %. Производительность процесса возросла более чем в 6,5 раза, а количество завершенных операций увеличилось с 16,5 до 107,8 в сутки.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что цифровизация процессов подготовки животных к доению является важным элементом формирования интеллектуальной системы управления молочным производством. Разработанная цифровая модель обеспечивает существенное сокращение трудовых и финансовых затрат, повышение производительности доильного комплекса и создание предпосылок для дальнейшей автоматизации процессов содержания и обслуживания животных.

5.3.5 Разработка и апробация цифровой модели А5.5.3 «Процесс доения»

В рамках исследования выполнено моделирование процесса А5.5.3 «Процесс доения» до и после цифровой трансформации животноводческого предприятия (Приложение К, Л).

Целью моделирования являлась количественная оценка влияния автоматизированного доильного оборудования, цифровой системы управления стадом Datamars и технологий интеллектуального контроля состояния животных на эффективность процесса получения молока.

Анализ исходной модели (AS-IS) показал, что процесс доения осуществлялся преимущественно с использованием традиционной технологии и включал шестнадцать последовательных операций: сопровождение животных в доильную яму, обработку сосков, распределение коров по доильным точкам, ручной контроль состояния животных, подключение доильных аппаратов, переключение потоков молока, контроль завершения доения, утилизацию молока больных животных и мойку оборудования. Значительная часть операций выполнялась вручную и требовала постоянного участия оператора. Средняя продолжительность одного цикла доения составляла 35 минут 55 секунд при средней стоимости 591,02 тенге. Дополнительно в процессе наблюдались потери времени, связанные с ожиданием завершения доения и контролем наличия молока в вымени, которые суммарно превышали 11 минут на один цикл.

В результате цифровой трансформации была разработана TO-BE модель процесса, основанная на использовании автоматизированного доильного оборудования, системы Datamars и цифровых механизмов контроля состояния животных. В новой модели были автоматизированы операции идентификации животных, оценки их физиологического состояния, присвоения цифрового статуса, переключения потоков молока, управления доильным оборудованием и контроля процесса доения. Кроме того, система получила возможность автоматически определять животных с признаками заболеваний и перенаправлять молоко в отдельные емкости без участия персонала.

Результаты имитационного моделирования продемонстрировали существенное повышение эффективности процесса. Средняя продолжительность доения сократилась с 35 минут 55 секунд до 15 минут 44 секунд, что соответствует снижению временных затрат на 56,2 %. Средняя стоимость выполнения одного цикла уменьшилась с 591,02 до 379,59 тенге, обеспечив снижение затрат на 35,8 %. Количество завершенных процессов в расчете на сутки увеличилось с 39 до 91, что соответствует росту производительности в 2,3 раза. Одновременно

существенно сократились потери времени, связанные с ожиданием завершения доения и ручным контролем состояния животных.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что основной эффект цифровой трансформации достигается за счет интеграции автоматизированного доильного оборудования с системой управления стадом и цифрового мониторинга состояния животных. Использование интеллектуальных алгоритмов позволяет исключить значительную часть ручных операций контроля и повысить скорость выполнения производственных процедур без ухудшения качества продукции.

Научная новизна полученного результата заключается в разработке и количественном обосновании цифровой модели процесса доения, основанной на интеграции автоматизированного оборудования, цифровой идентификации животных и интеллектуального мониторинга здоровья стада. В отличие от традиционной технологии, предполагающей постоянное участие оператора в контроле большинства операций, предложенная модель обеспечивает автоматизированное управление процессом доения на основе данных в режиме реального времени и позволяет объективно оценивать организационно-экономический эффект цифровизации средствами имитационного моделирования.

Практическая значимость результата состоит в том, что разработанная модель может быть использована животноводческими предприятиями при внедрении автоматизированных доильных залов, роботизированных систем доения и цифровых платформ управления молочным производством. Использование подобных решений способствует повышению производительности труда, улучшению качества молока, снижению операционных затрат и повышению эффективности управления стадом.

Таблица 5.7 - Сравнительный анализ результатов имитационного моделирования процесса А5.5.3 «Процесс доения»

Показатель	До цифровой трансформации (AS-IS)	После цифровой трансформации (TO-BE)	Изменение
Средняя длительность процесса	35 мин 55 сек	15 мин 44 сек	сокращение на 56,2 %
Средняя стоимость процесса	591,02 тг	379,59 тг	сокращение на 35,8 %
Количество подпроцессов	16	12	упрощение структуры
Количество завершенных процессов в день	39	91	рост в 2,3 раза
Незавершенные экземпляры	0	1	сопоставимый уровень
Использование системы Datamars	отсутствует	внедрено	цифровизация процесса

До цифровой трансформации процесс доения включал большое количество ручных операций, связанных с контролем состояния животных, обработкой вымени, подключением оборудования и управлением потоками молока. Наиболее существенные потери времени возникали при проверке наличия молока в вымени, где среднее время ожидания достигало 10 минут 28 секунд, а также при выполнении операций мойки специального доильного оборудования и утилизации молока больных животных.

После внедрения цифрового решения процесс был переведен на автоматизированную схему управления. Система Datamars обеспечивает автоматическую оценку состояния животных и присвоение цифрового статуса, а доильное оборудование самостоятельно управляет процессом доения и сортировкой молока. В результате продолжительность процесса сократилась до 15 минут 44 секунд, а стоимость выполнения одного цикла снизилась до 379,59 тенге. Производительность процесса увеличилась более чем в два раза.

Выводы:

Результаты имитационного моделирования процесса A5.5.3 «Процесс доения» подтвердили высокую эффективность внедрения цифровых технологий в систему управления молочным производством. Проведенное сравнение моделей AS-IS и TO-BE показало, что использование автоматизированного доильного оборудования и цифровой системы управления стадом позволяет существенно повысить эффективность процесса за счет сокращения ручных операций и автоматизации контроля состояния животных.

В результате цифровой трансформации продолжительность выполнения процесса сократилась с 35 минут 55 секунд до 15 минут 44 секунд, что соответствует снижению временных затрат на 56,2 %. Одновременно стоимость выполнения одного процесса уменьшилась с 591,02 до 379,59 тенге, обеспечив экономию ресурсов на 35,8 %. Производительность процесса возросла в 2,3 раза, а количество завершенных операций увеличилось с 39 до 91 в сутки. Дополнительным эффектом стало устранение значительной части операций ручного контроля и повышение точности принятия решений по управлению здоровьем животных.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что цифровизация процессов доения является одним из ключевых направлений повышения эффективности современного молочного животноводства. Разработанная цифровая модель обеспечивает сокращение трудовых и финансовых затрат, повышение качества продукции и создание предпосылок для формирования интеллектуальной системы управления молочной фермой на основе данных в режиме реального времени.

5.3.6. Разработка и апробация цифровой модели А5.5.4 «Выгонка животных с доения»

В рамках исследования выполнено моделирование процесса А5.5.4 «Выгонка животных с доения» до и после цифровой трансформации животноводческого предприятия (Приложение М, Н).

Целью моделирования являлась количественная оценка влияния автоматизированных систем идентификации животных и цифрового управления потоками стада на эффективность завершающего этапа процесса доения.

Анализ исходной модели (AS-IS) показал, что процесс выгонки животных после завершения доения выполнялся преимущественно вручную и включал три основные операции: выгонку животных из доильной ямы, визуальный осмотр доильной ямы и последующую мойку оборудования и помещений. Основная нагрузка приходилась на операцию ручной выгонки животных, требовавшую постоянного участия работника фермы. Средняя продолжительность одного цикла процесса составляла 24 минуты 09 секунд при средней стоимости 449,83 тенге. Наиболее трудоемким этапом являлась чистка и мойка доильной ямы, занимавшая более 25 минут.

В результате цифровой трансформации была разработана TO-BE модель процесса, основанная на использовании RFID-технологий и автоматических ворот для управления перемещением животных после завершения доения. В новой модели операция ручной выгонки была заменена автоматической маршрутизацией животных через RFID-ворота, обеспечивающие идентификацию каждой особи и автоматическое направление животных в соответствующие секции содержания. Дополнительно был внедрен автоматизированный контроль завершения процесса и интеграция с системой управления стадом.

Результаты имитационного моделирования показали повышение эффективности процесса. Средняя продолжительность выполнения сократилась с 24 минут 09 секунд до 23 минут 33 секунд, что соответствует снижению временных затрат на 2,5 %. Средняя стоимость выполнения одного цикла уменьшилась с 449,83 до 438,47 тенге, обеспечив снижение затрат на 2,5 %. Количество завершенных процессов в расчете на сутки увеличилось с 59 до 60, что свидетельствует о росте пропускной способности процесса. При этом основной эффект цифровизации проявился не столько в сокращении времени, сколько в устранении необходимости ручного управления потоками животных и снижении зависимости процесса от человеческого фактора.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что завершающие процессы животноводческого производства обладают относительно ограниченным потенциалом прямой экономии времени, однако

цифровизация обеспечивает повышение управляемости, точности и безопасности производственных операций. Автоматическая идентификация животных исключает ошибки при распределении животных по секциям и обеспечивает непрерывное обновление данных о перемещении животных в информационной системе предприятия.

Научная новизна полученного результата заключается в разработке цифровой модели процесса выгонки животных после доения, основанной на использовании RFID-технологий и автоматизированного управления потоками животных. В отличие от традиционного подхода, предполагающего непосредственное участие работников фермы в организации перемещения животных, предложенная модель обеспечивает автоматизированное принятие решений по маршрутизации животных и позволяет количественно оценивать организационно-экономический эффект цифровизации средствами имитационного моделирования.

Практическая значимость результата состоит в том, что разработанная модель может быть использована животноводческими предприятиями при внедрении систем автоматической идентификации животных, технологий точного животноводства и интеллектуальных систем управления стадом. Использование подобных решений способствует снижению трудозатрат персонала, повышению точности учета животных и созданию единой цифровой среды управления производственными процессами.

Таблица 5.8 – Сравнительный анализ результатов имитационного моделирования процесса А5.5.4 «Выгонка животных с доения»

Показатель	До цифровой трансформации (AS-IS)	После цифровой трансформации (TO-BE)	Изменение
Средняя длительность процесса	24 мин 09 сек	23 мин 33 сек	сокращение на 2,5 %
Средняя стоимость процесса	449,83 тг	438,47 тг	сокращение на 2,5 %
Количество подпроцессов	3	3	без изменений
Количество завершенных процессов в день	59	60	рост на 1,7 %
Незавершенные экземпляры	1	1	без изменений
RFID-идентификация животных	отсутствует	внедрена	цифровизация процесса

До цифровой трансформации процесс выгонки животных после доения выполнялся вручную. Работник фермы осуществлял организацию выхода животных из доильной ямы, контролировал направление их движения и выполнял визуальный контроль состояния доильной

площадки. Наиболее длительной операцией являлась мойка и очистка доильной ямы, продолжительность которой превышала 25 минут. Общая длительность процесса составляла 24 минуты 09 секунд при средней стоимости 449,83 тенге.

После внедрения цифрового решения процесс был дополнен автоматической системой управления движением животных на основе RFID-ворот. Автоматическая идентификация позволила заменить ручное управление потоками животных цифровой системой маршрутизации и контроля. В результате продолжительность процесса сократилась до 23 минут 33 секунд, а стоимость выполнения снизилась до 438,47 тенге. Дополнительным эффектом стало повышение точности учета животных и интеграция процесса в единую цифровую систему управления стадом.

Выводы:

Результаты имитационного моделирования процесса А5.5.4 «Выгонка животных с доения» подтвердили целесообразность внедрения цифровых технологий управления движением животных на завершающем этапе доильного процесса. Несмотря на относительно небольшое снижение временных и финансовых затрат, цифровая трансформация обеспечила повышение уровня автоматизации и качества управления производственными операциями.

В результате внедрения RFID-технологий продолжительность процесса сократилась с 24 минут 09 секунд до 23 минут 33 секунд, а стоимость выполнения одного цикла уменьшилась с 449,83 до 438,47 тенге. Количество завершенных процессов увеличилось с 59 до 60 в сутки. Основным результатом цифровизации стало исключение ручного управления потоками животных, повышение точности идентификации и снижение вероятности организационных ошибок.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что внедрение цифровых технологий на завершающих этапах производственного цикла обеспечивает формирование единой цифровой среды управления животноводческим предприятием. Разработанная цифровая модель способствует повышению прозрачности производственных процессов, улучшению контроля за перемещением животных и созданию предпосылок для дальнейшего развития интеллектуальных систем управления молочным производством.

5.3.7 Разработка и апробация цифровой модели А5.6.1 «Ежедневный обход»

В рамках исследования выполнено моделирование процесса А5.6.1 «Ежедневный обход» до и после цифровой трансформации животноводческого предприятия (Приложение О, П).

Целью моделирования являлась количественная оценка влияния цифровых технологий мониторинга состояния животных, систем анализа данных и автоматизированного выявления отклонений на эффективность ветеринарного и зоотехнического контроля стада.

Анализ исходной модели (AS-IS) показал, что ежедневный обход осуществлялся преимущественно на основе визуального наблюдения за животными и включал четыре основные операции: подготовку к обходу, оценку условий содержания, оценку состояния животных и изоляцию больных или подозрительных животных. Наиболее трудоемким этапом являлась оценка состояния животных, на которую приходилось более 90 % общего времени процесса. Средняя продолжительность одного цикла ежедневного обхода составляла 2 часа 22 минуты 14 секунд, а средняя стоимость достигала 6698 тенге. Процесс требовал значительных трудозатрат ветеринарного врача, зоотехника и старшего зоотехника и характеризовался высокой зависимостью от человеческого фактора.

В результате цифровой трансформации была разработана TO-BE модель процесса, основанная на использовании системы Datamars, обеспечивающей автоматизированный сбор и анализ данных о состоянии животных. В новой модели были внедрены функции мониторинга активности животных, температуры тела, жвачки и других физиологических показателей, автоматизированного анализа полученных данных и формирования списка животных с повышенным риском заболеваний. Благодаря этому специалисты получили возможность осуществлять адресный контроль только тех животных, состояние которых вызывает подозрение по результатам цифрового мониторинга.

Результаты имитационного моделирования продемонстрировали наиболее значительный эффект среди всех исследованных процессов. Средняя продолжительность ежедневного обхода сократилась с 2 часов 22 минут 14 секунд до 25 минут 07 секунд, что соответствует снижению временных затрат на 82,4 %. Средняя стоимость выполнения одного цикла уменьшилась с 6698 до 970,63 тенге, обеспечив снижение затрат на 85,5 %. Количество завершенных процессов в расчете на сутки увеличилось с 10 до 51,2, что соответствует росту производительности более чем в 5 раз. При этом большинство операций физического осмотра животных были заменены автоматизированным анализом данных, поступающих от цифровых датчиков мониторинга.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что основной эффект цифровой трансформации достигается за счет перехода от сплошного визуального контроля всего стада к риск-ориентированному мониторингу на основе данных. Использование цифровых технологий позволяет непрерывно отслеживать состояние животных и автоматически выявлять признаки заболеваний, существенно сокращая объем ручной работы специалистов.

Научная новизна полученного результата заключается в разработке и количественном обосновании цифровой модели ветеринарно-зоотехнического мониторинга стада, основанной на интеграции технологий сбора данных в режиме реального времени, интеллектуального анализа физиологических показателей животных и автоматизированного формирования групп риска. В отличие от традиционного подхода, основанного на визуальном обследовании каждого животного, предложенная модель обеспечивает непрерывный цифровой контроль состояния стада и позволяет объективно оценивать эффект цифровизации средствами имитационного моделирования.

Практическая значимость результата состоит в том, что разработанная модель может быть использована животноводческими предприятиями при внедрении систем точного животноводства, цифровых платформ мониторинга здоровья животных и интеллектуальных систем поддержки принятия ветеринарных решений. Использование подобных решений способствует раннему выявлению заболеваний, сокращению затрат на ветеринарное обслуживание, повышению продуктивности животных и снижению экономических потерь предприятия.

Таблица 5.10 – Сравнительный анализ результатов имитационного моделирования процесса А5.6.1 «Ежедневный обход»

Показатель	До цифровой трансформации (AS-IS)	После цифровой трансформации (TO-BE)	Изменение
Средняя длительность процесса	2 ч 22 мин 14 сек	25 мин 07 сек	сокращение на 82,4 %
Средняя стоимость процесса	6698,00 тг	970,63 тг	сокращение на 85,5 %
Количество подпроцессов	4	7	расширение цифрового функционала
Количество завершенных процессов в день	10,0	51,2	рост в 5,1 раза
Незавершенные экземпляры	1	1	без изменений
Система цифрового мониторинга Datamars	отсутствует	внедрена	цифровизация процесса

До цифровой трансформации ежедневный обход основывался на непосредственном осмотре животных ветеринарным врачом и специалистами фермы. Основная часть времени расходовалась на оценку состояния животных, которая занимала 2 часа 10 минут 35 секунд и требовала постоянного участия квалифицированного персонала. Общая

продолжительность процесса превышала два часа, а стоимость выполнения одного цикла составляла 6698 тенге.

После внедрения системы Datamars процесс был преобразован в цифровую систему мониторинга здоровья стада. Система автоматически собирает данные о физиологических показателях животных, выполняет анализ их состояния и формирует перечень животных с признаками риска. Благодаря этому специалисты осуществляют выборочный контроль только потенциально проблемных животных, что позволило сократить продолжительность процесса до 25 минут 07 секунд и снизить стоимость выполнения до 970,63 тенге.

Выводы:

Результаты имитационного моделирования процесса А5.6.1 «Ежедневный обход» подтвердили исключительно высокую эффективность внедрения цифровых технологий мониторинга состояния животных. Проведенное сравнение моделей AS-IS и TO-BE показало, что использование интеллектуальных систем анализа данных позволяет кардинально изменить подход к ветеринарному контролю стада и перейти от периодического визуального наблюдения к непрерывному мониторингу в режиме реального времени.

В результате цифровой трансформации продолжительность выполнения процесса сократилась с 2 часов 22 минут 14 секунд до 25 минут 07 секунд, что соответствует снижению временных затрат на 82,4 %. Одновременно стоимость выполнения одного процесса уменьшилась с 6698 до 970,63 тенге, обеспечив экономию ресурсов на 85,5 %. Производительность процесса возросла более чем в 5 раз, а количество завершенных операций увеличилось с 10 до 51,2 в сутки.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что цифровизация ветеринарного мониторинга является одним из наиболее эффективных направлений цифровой трансформации животноводства. Разработанная цифровая модель обеспечивает существенное сокращение трудовых и финансовых затрат, повышение скорости выявления заболеваний и создание предпосылок для внедрения интеллектуальной системы управления здоровьем животных на основе технологий точного животноводства. Такие решения позволяют повысить биобезопасность, продуктивность и устойчивость функционирования современных животноводческих предприятий.

5.4 Стендовое тестирование и оценка результатов моделирования

Завершающим этапом разработки цифровой процессной модели агропромышленного предприятия являлось стендовое тестирование сформированных моделей бизнес-процессов. Его целью являлась проверка

работоспособности заложенной логики моделей и количественная оценка изменений параметров процессов при переходе от состояния AS-IS к проектируемому состоянию TO-BE.

Стендовое тестирование проводилось посредством имитационного моделирования, что позволило воспроизвести выполнение исследуемых процессов при заданных временных, ресурсных и стоимостных параметрах без непосредственного вмешательства в производственную деятельность предприятия. В отличие от производственной апробации, полученные таким способом результаты характеризуют расчетное поведение разработанных моделей при установленных условиях и ограничениях и поэтому рассматриваются как *ex ante* оценка потенциального эффекта проектируемых преобразований.

Объектами тестирования являлись семь бизнес-процессов, модели AS-IS и TO-BE которых были разработаны в предыдущих разделах: разработка схемы кормления животных, кормление нескольких групп животных, уборка помещений содержания животных, подготовка к доению, непосредственно процесс доения, выгонка животных после доения и ежедневные обходы. Таким образом, эксперимент охватывал информационно-аналитические, производственно-технологические, санитарные и контрольные процессы, что позволило оценить результативность цифровых преобразований для различных по содержанию видов деятельности предприятия.

Параметры расчетного горизонта устанавливались с учетом периодичности и характера выполнения соответствующих процессов. Так, для моделей AS-IS процессов разработки схемы кормов, кормления, уборки помещений и ежедневных обходов продолжительность имитации составляла 30 суток (Приложение Р, С, Т). Для подготовки к доению использовался двухсуточный расчетный период, а для процесса доения модель AS-IS рассчитывалась на горизонте 29 суток (Приложение У).

В ходе имитационного эксперимента оценивались средняя продолжительность и средняя стоимость одного экземпляра процесса, параметры использования трудовых и технических ресурсов, продолжительность выполнения отдельных операций, время ожидания и нахождения в очереди, а также количество запущенных, завершенных и незавершенных экземпляров. Такой набор показателей позволяет оценить не только итоговое изменение длительности и стоимости процесса, но и определить, за счет каких элементов его внутренней структуры формируется полученный результат.

Для количественной оценки результатов стендового тестирования выполнено сопоставление ключевых параметров моделей AS-IS и TO-BE по всей совокупности исследуемых бизнес-процессов. В качестве основных критериев использованы средняя продолжительность и средняя стоимость одного экземпляра процесса, поскольку данные показатели

непосредственно отражают изменение временных и ресурсных характеристик при сохранении функционального назначения процесса. Результаты сравнительного тестирования разработанных моделей представлены в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Сравнительная оценка результатов имитационного моделирования бизнес-процессов AS-IS и TO-BE

Бизнес-процесс	AS-IS: средняя длительность	TO-BE: средняя длительность	Изменение, %	AS-IS: средняя стоимость, тг	TO-BE: средняя стоимость, тг	Изменение, %
Разработка схемы для кормов	3:13:56	0:03:59	–97,9	9 182,76	189,28	–97,9
Кормление на несколько групп	12:44:40	3:25:39	–73,1	7 582,47	7 400,22	–2,4
Уборка помещений содержания животных	5:16:57	2:57:22	–44,0	10 890,92	7 016,02	–35,6
Подготовка к доению	1:25:42	0:13:18	–84,5	2 854,83	604,81	–78,8
Процесс доения	0:35:55	0:15:44	–56,2	591,02	379,59	–35,8
Выгонка животных с доения	0:24:09	0:23:33	–2,5	449,83	438,47	–2,5
Ежедневны е обходы	2:22:14	0:25:07	–82,3	6 698,00	970,63	–85,5

Примечание – Относительное изменение рассчитано авторами по формуле (5.8) на основании результатов имитационного моделирования.

Источник: составлено авторами по результатам стендового тестирования моделей бизнес-процессов ТОО «КТК-888».

Полученные результаты свидетельствуют о существенной дифференциации расчетного эффекта в зависимости от содержания бизнес-процесса и характера внесенных в модель изменений. Сокращение средней продолжительности наблюдается по всем семи процессам, однако его величина варьируется от 2,5 до 97,9 %. Аналогично изменение средней стоимости составляет от 2,4 до 97,9 %. Следовательно, сам факт включения цифрового компонента в модель не определяет величину ожидаемого эффекта: она зависит от того, какие операции трансформируются, какую долю в исходном процессе занимают ручные действия, каким образом используются данные и насколько цифровое решение изменяет организацию процесса.

Наиболее значительное изменение получено для процесса «Разработка схемы для кормов». В модели AS-IS средняя продолжительность составляла 3 ч 13 мин 56 с, а средняя стоимость — 9 182,76 тенге. При этом исходный процесс состоял из трех последовательных информационно-аналитических операций: сбора и анализа исходных данных, подбора и расчета рациона и составления схемы кормления. Наиболее продолжительным являлось непосредственно составление схемы кормления — 1 ч 39 мин 20 с; сбор и анализ данных занимал 59 мин 57 с, подбор и расчет рациона — 34 мин 37 с.

В модели ТО-ВЕ средняя продолжительность процесса сократилась до 3 мин 59 с, а расчетная стоимость — до 189,28 тенге, что соответствует уменьшению обоих показателей примерно на 97,9 %. Столь значительное изменение связано со спецификой данного процесса: основная часть исходных трудозатрат приходилась не на физическое преобразование материального объекта, а на получение, обработку и интерпретацию информации. Поэтому перенос расчетных и аналитических операций в цифровую среду непосредственно воздействует на основную составляющую продолжительности процесса.

Данный результат имеет принципиальное значение для интерпретации цифровой трансформации агропромышленного предприятия. Наибольший относительный эффект может формироваться не обязательно в основных технологических операциях, а в информационно-аналитических процессах, в которых значительная доля времени квалифицированного персонала расходуется на сбор, систематизацию, расчет и обработку данных.

Иная зависимость выявлена для процесса «Кормление на несколько групп». В исходной модели его средняя продолжительность составляла 12 ч 44 мин 40 с при средней стоимости 7 582,47 тенге. При этом существенную часть полного времени отдельных операций формировало нахождение в очереди. Например, для подготовки ингредиентов оно составляло 1 ч 13 мин 20 с, для засыпания ингредиентов в миксер — 2 ч 57 мин 46 с. Очереди также возникали при смешивании ингредиентов, уборке корма с путей движения, развозе корма и подготовке следующего замеса. Для операции ручного внесения данных в журнал учета расхода кормов время выполнения составляло 19 мин 13 с, тогда как нахождение в очереди достигало 1 ч 07 мин 46 с.

В ТО-ВЕ продолжительность данного процесса сократилась до 3 ч 25 мин 39 с, или на 73,1 %, тогда как стоимость уменьшилась лишь с 7 582,47 до 7 400,22 тенге, то есть примерно на 2,4 %. Такое расхождение временного и стоимостного эффектов является важным результатом моделирования. Оно показывает, что ускорение процесса не обязательно сопровождается пропорциональным снижением его стоимости. В данном случае цифровая трансформация прежде всего изменяет организацию

выполнения операций, сокращает непроизводительные временные интервалы и улучшает координацию, тогда как значительная часть используемых производственных и технических ресурсов сохраняется.

Для процесса «Уборка помещений содержания животных» модель AS-IS показала среднюю продолжительность 5 ч 16 мин 57 с и среднюю стоимость 10 890,92 тенге. Наиболее ресурсоемкими операциями исходного процесса являлись ручная уборка навоза из стойл продолжительностью 3 ч 54 мин 32 с и уборка навоза с прохода продолжительностью 2 ч 16 мин 49 с. Их стоимость составляла соответственно 4 366,23 и 4 531,10 тенге.

После перепроектирования процесса его средняя длительность в модели ТО-ВЕ составила 2 ч 57 мин 22 с, а стоимость — 7 016,02 тенге. Таким образом, продолжительность сократилась приблизительно на 44,0 %, стоимость — на 35,6 %. В отличие от разработки схемы кормов, полное исключение физически необходимых операций здесь невозможно. Поэтому расчетный эффект формируется преимущественно за счет изменения способа их выполнения, автоматизации отдельных действий и более рационального использования трудовых и технических ресурсов. Это подтверждает зависимость потенциала цифровой трансформации от технологической природы процесса.

Значительные изменения выявлены и для подготовки к доению. Средняя продолжительность исходной модели составляла 1 ч 25 мин 42 с, средняя стоимость — 2 854,83 тенге. В AS-IS существенные затраты времени приходились на сопровождение животных в доильную яму — 25 мин 36 с, распределение животных по секциям — 24 мин 54 с, уборку рабочего пространства — 35 мин 09 с и уборку галереи — 24 мин 38 с.

В ТО-ВЕ средняя продолжительность составила 13 мин 18 с, стоимость — 604,81 тенге, что соответствует сокращению на 84,5 и 78,8 % соответственно. Полученный результат обусловлен прежде всего изменением организации движения животных и перераспределением функций между персоналом и автоматизированными средствами идентификации и маршрутизации. Следовательно, в данном случае цифровизация воздействует не только на информационную составляющую, но и непосредственно на организацию физического потока внутри производственного процесса.

По процессу доения исходные показатели составляли 35 мин 55 с и 591,02 тенге на один экземпляр процесса. В модели AS-IS процесс включал значительное число операций, часть которых выполнялась в зависимости от состояния конкретного животного. Кроме того, операция проверки наличия молока в вымени характеризовалась временем ожидания, превышающим непосредственное время ее выполнения: при среднем времени выполнения около 1 мин время ожидания составляло около 11 мин.

В проектируемой модели средняя продолжительность процесса снизилась до 15 мин 44 с, а стоимость — до 379,59 тенге. Относительное сокращение составило соответственно 56,2 и 35,8 %. Полученный эффект связан с автоматизацией идентификации и контроля состояния животных, использованием данных системы управления стадом и изменением отдельных операций управления доильным оборудованием и потоками молока. При этом сохранение ряда биологически и технологически обусловленных операций ограничивает возможную степень сокращения продолжительности процесса, что отличает его от информационно-аналитических процессов.

Особый интерес представляет результат тестирования выгонки животных после доения. Для модели AS-IS средняя продолжительность составляла 24 мин 09 с, а стоимость — 449,83 тенге. После перехода к ТО-ВЕ показатели изменились до 23 мин 33 с и 438,47 тенге соответственно, то есть сокращение составило лишь около 2,5 % по каждому показателю.

Незначительность прямого временного и стоимостного эффекта в данном случае не означает отсутствия результата цифрового преобразования. Проектируемое изменение направлено прежде всего на автоматическую идентификацию и маршрутизацию животных, снижение зависимости движения стада от действий работника и повышение управляемости процесса. Следовательно, для отдельных процессов основными результатами цифровой трансформации могут выступать не сокращение времени или стоимости, а повышение контролируемости, точности и устойчивости выполнения операций. Это обстоятельство необходимо учитывать при выборе критериев оценки цифровых проектов: использование только стоимостных и временных показателей способно недооценивать эффект решений, ориентированных на качество управления и снижение операционных рисков.

Существенный потенциал цифрового преобразования установлен для процесса «Ежедневные обходы». В AS-IS его средняя продолжительность составляла 2 ч 22 мин 14 с, стоимость — 6 698 тенге. Основная часть ресурсов приходилась на оценку состояния животных: продолжительность этой операции достигала 2 ч 10 мин 35 с, а стоимость — 6 181,48 тенге. Таким образом, именно сплошной визуальный контроль состояния стада формировал основную временную и стоимостную нагрузку процесса.

В ТО-ВЕ средняя продолжительность ежедневного обхода снизилась до 25 мин 07 с, а стоимость — до 970,63 тенге, что соответствует сокращению приблизительно на 82,3 и 85,5 % соответственно. В данном случае изменение связано с переходом от сплошного визуального обследования к предварительному цифровому мониторингу и адресной работе специалиста с животными, для которых системой выявлены признаки отклонения. Цифровая технология тем самым не исключает участие ветеринарных и зоотехнических специалистов, а изменяет

принцип распределения их рабочего времени — от регулярного контроля всей совокупности животных к целенаправленной работе с объектами, требующими профессионального внимания.

Сопоставление результатов позволяет выделить несколько закономерностей. Во-первых, наибольшее относительное сокращение продолжительности характерно для процессов с высокой долей ручной обработки информации и визуального контроля. К ним относятся разработка схемы кормления, подготовка к доению и ежедневные обходы. Во-вторых, в материально-технологических процессах сохраняется физически обусловленная минимальная продолжительность операций, поэтому потенциал сокращения времени ограничен технологическими требованиями. В-третьих, временной и стоимостный эффекты не обязательно изменяются пропорционально, что особенно отчетливо проявилось в процессе кормления. В-четвертых, для отдельных процессов цифровая трансформация изменяет прежде всего качество управления, идентификации и контроля, тогда как прямое снижение времени и стоимости может быть минимальным. Для систематизации полученных результатов процессы целесообразно сопоставить по доминирующему механизму формирования расчетного эффекта (см.табл.5.12).

Таблица 5.12 – Характер расчетного эффекта цифровой трансформации исследуемых бизнес-процессов

Бизнес-процесс	Основной механизм изменения	Расчетный результат
Разработка схемы для кормов	Автоматизация обработки данных и расчетных операций	Резкое сокращение времени квалифицированного труда и стоимости
Кормление нескольких групп	Автоматизация и координация технологических операций	Существенное сокращение длительности при небольшом изменении стоимости
Уборка помещений	Автоматизация части физически выполняемых операций	Сокращение трудоемкости, продолжительности и стоимости
Подготовка к доению	Автоматизация идентификации и организации движения животных	Существенное сокращение времени и трудовых затрат
Процесс доения	Интеграция данных о животных и автоматизированного оборудования	Сокращение продолжительности и стоимости при сохранении необходимых операций
Выгонка животных с доения	Автоматическая идентификация и маршрутизация	Ограниченный прямой временной и стоимостный эффект; повышение управляемости
Ежедневные обходы	Переход от сплошного визуального контроля к риск-ориентированному мониторингу	Значительное сокращение времени квалифицированных специалистов и стоимости

Представленная систематизация показывает, что результативность цифровой трансформации целесообразно оценивать не только по масштабу изменения отдельного показателя, но и по механизму формирования

эффекта. Если в информационно-аналитических процессах цифровые решения способны непосредственно замещать значительную часть ручных операций по обработке данных, то в физически выполняемых производственных процессах их роль чаще заключается в сокращении вспомогательных действий, ожиданий, перемещений и повышении согласованности использования ресурсов. В процессах контроля и маршрутизации значимым результатом становится также изменение качества информационного обеспечения управленческих решений.

При интерпретации результатов стендового тестирования необходимо учитывать ряд ограничений. Полученные значения являются результатами имитационного эксперимента и характеризуют проектируемое состояние процессов при заданных параметрах модели. Они не являются подтверждением фактически достигнутого экономического эффекта после внедрения соответствующих решений на предприятии. В расчеты не включались капитальные затраты на приобретение и установку оборудования, интеграцию информационных систем, обучение персонала и последующее техническое обслуживание цифровой инфраструктуры. Кроме того, моделирование выполнено для конкретной конфигурации бизнес-процессов исследуемого предприятия; изменение численности поголовья, производственной нагрузки, состава ресурсов, продолжительности операций и других исходных параметров может приводить к изменению результатов.

Поэтому рассчитанное снижение стоимости следует интерпретировать как изменение операционных затрат, учтенных непосредственно в модели, а не как полный экономический эффект инвестиционного проекта. Для принятия решения о фактическом внедрении цифрового решения полученные результаты должны дополняться оценкой капитальных и эксплуатационных затрат, срока окупаемости, требований к инфраструктуре и рисков внедрения.

Вместе с тем стендовое тестирование подтвердило возможность использования разработанной цифровой процессной модели для предварительной количественной оценки вариантов цифровой трансформации до их реализации в производственной среде. Сопоставление AS-IS и TO-BE позволяет выявлять процессы, в которых цифровое преобразование обладает наибольшим потенциалом, определять источники ожидаемого эффекта и одновременно устанавливать процессы, где прямое сокращение времени и стоимости ограничено технологическими особенностями.

Таким образом, результаты моделирования подтверждают целесообразность перехода от оценки цифровизации по факту внедрения отдельных технологий к процессно-ориентированной оценке, при которой цифровое решение рассматривается через изменение конкретных операций, ресурсов, информационных потоков и параметров бизнес-

процесса. Разработанный подход обеспечивает возможность предварительного сравнения исходного и проектируемого состояний, количественного обоснования предлагаемых преобразований и выбора направлений цифровой трансформации с учетом специфики отдельных бизнес-процессов агропромышленного предприятия.

Выводы по главе 5

Проведенное бизнес-моделирование цифровой трансформации агропромышленного предприятия позволило сформировать методическую и инструментальную основу для перехода от анализа фактического состояния бизнес-процессов к проектированию их целевой конфигурации и количественной оценке предполагаемых изменений. По результатам исследования сформулированы следующие выводы.

1. Разработана методология моделирования бизнес-процессов агропромышленного предприятия в условиях цифровой трансформации, объединяющая системный, процессный и имитационный подходы. Предложенная последовательность включает определение границ исследуемой системы, сбор и верификацию исходных данных, формализацию и параметризацию процессов, построение модели AS-IS, диагностику ограничений, проектирование цифровых преобразований, формирование модели TO-BE и проведение имитационного эксперимента. Такой подход позволяет рассматривать цифровую трансформацию как обоснованное изменение конкретных элементов бизнес-процесса, а не как самостоятельное внедрение цифровых технологий.

2. Разработка моделей AS-IS позволила формализовать фактическую организацию исследуемых процессов и выявить их основные ограничения. Анализ показал наличие ручных и трудоемких операций, зависимости отдельных процессов от действий персонала, временных задержек, ручной обработки информации и визуального контроля. На этой основе сформированы модели TO-BE, предусматривающие изменение состава и последовательности операций, способов использования данных, распределения функций между персоналом и техническими средствами, а также интеграцию цифровых инструментов в выполнение процессов.

3. В среде Business Studio разработана цифровая процессная модель агропромышленного предприятия, включающая семь взаимосвязанных процессов: разработку схемы для кормов, кормление нескольких групп животных, уборку помещений содержания животных, подготовку к доению, процесс доения, выгонку животных с доения и ежедневные обходы. Моделирование обеспечило формализованное представление операций, исполнителей, технических ресурсов, информационных систем, временных и стоимостных параметров и создало основу для проведения вычислительных экспериментов.

4. Стендовое тестирование подтвердило неоднородность потенциального эффекта цифровой трансформации для различных типов бизнес-процессов. Наиболее существенное расчетное сокращение продолжительности получено для разработки схемы для кормов — с 3:13:56 до 0:03:59, подготовки к доению — с 1:25:42 до 0:13:18 и ежедневных обходов — с 2:22:14 до 0:25:07. Для процесса доения продолжительность сократилась с 0:35:55 до 0:15:44, а для уборки помещений содержания животных — с 5:16:57 до 2:57:22. Полученные результаты показывают, что величина эффекта определяется содержанием конкретного процесса и характером предусмотренных в модели преобразований.

5. Установлено, что временной и стоимостный эффекты цифровой трансформации не обязательно изменяются пропорционально. Наиболее отчетливо это проявилось в процессе кормления нескольких групп животных: при существенном сокращении расчетной продолжительности процесса — с 12:44:40 до 3:25:39 — его средняя стоимость изменилась сравнительно незначительно: с 7 582,47 до 7 400,22 тенге. Следовательно, оценка цифровой трансформации только по одному показателю может приводить к неполному представлению о результатах преобразований; необходим совместный анализ временных, стоимостных, ресурсных и процессных характеристик.

6. Не для всех процессов цифровая трансформация сопровождается значительным прямым сокращением времени и стоимости. Так, для процесса выгонки животных с доения изменение данных показателей составило около 2,5 %. В данном случае значение цифровых решений в большей степени связано с автоматизацией идентификации и маршрутизации животных, повышением контролируемости выполнения операций и снижением зависимости процесса от ручного управления. Это показывает, что результат цифровой трансформации должен оцениваться не только через экономию времени и затрат, но и через качественное изменение механизма выполнения и управления процессом.

7. Результаты моделирования подтверждают целесообразность предварительной апробации цифровых решений в модельной среде до их полномасштабного внедрения. Сопоставление AS-IS и TO-BE позволяет определить, какие элементы процесса формируют основные ограничения, оценить чувствительность показателей к проектируемым изменениям и выявить процессы, в которых цифровое преобразование потенциально обеспечивает наибольший результат. Тем самым моделирование снижает неопределенность при выборе направлений цифровой трансформации и создает информационную основу для принятия управленческих решений.

6. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ МЕХАНИЗМ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

6.1. Концептуальная модель цифровой трансформации агропромышленных предприятий Республики Казахстан

6.1.1 Необходимость формирования концептуальной модели цифровой трансформации агропромышленных предприятий

Современный этап развития агропромышленного комплекса характеризуется переходом от фрагментарного внедрения отдельных цифровых решений к комплексной трансформации системы управления предприятиями. Цифровые технологии перестают выполнять исключительно вспомогательные функции автоматизации отдельных производственных операций и становятся стратегическим фактором формирования конкурентных преимуществ, повышения устойчивости предприятий и обеспечения их долгосрочного развития. В этих условиях цифровая трансформация рассматривается не как процесс внедрения информационных технологий, а как глубокое преобразование организационной структуры, бизнес-процессов, механизмов создания ценности и моделей взаимодействия с заинтересованными сторонами.

Несмотря на значительное количество исследований, посвященных цифровой трансформации предприятий различных отраслей экономики, существующие концептуальные модели преимущественно ориентированы на промышленное производство, сферу услуг или высокотехнологичные компании. Большинство разработанных подходов акцентируют внимание на технологической составляющей цифровизации, рассматривая внедрение цифровых платформ, информационных систем, технологий искусственного интеллекта, Интернета вещей и анализа больших данных как самостоятельную цель организационного развития. При этом значительно меньше внимания уделяется взаимосвязи цифровых технологий с изменением бизнес-модели предприятия, трансформацией процессов создания, доставки и извлечения ценности, а также организационным механизмам реализации цифровых преобразований.

Для предприятий агропромышленного комплекса подобное ограничение имеет принципиальное значение. Сельскохозяйственное производство характеризуется высокой зависимостью от природно-климатических условий, сезонностью производственных процессов, биологической природой производственных объектов, территориальной распределенностью производственных площадок и значительной неоднородностью уровня технологического развития хозяйств. Кроме того, цифровая трансформация предприятий АПК осуществляется в условиях

ограниченности инвестиционных ресурсов, дефицита специалистов, обладающих цифровыми компетенциями, недостаточного уровня развития цифровой инфраструктуры сельских территорий и сохраняющихся институциональных барьеров внедрения современных технологий. В совокупности эти особенности требуют формирования концептуальной модели, отражающей специфику цифровой трансформации именно агропромышленных предприятий Республики Казахстан.

Проведенный в предыдущих главах анализ отечественного и зарубежного опыта показал, что успешность цифровой трансформации определяется не столько объемом внедряемых технологий, сколько способностью предприятия интегрировать цифровые решения в существующую систему управления и использовать их для изменения логики функционирования бизнес-модели. Международный опыт, изученный в ходе научных стажировок в Нидерландах и Словацкой Республике, продемонстрировал, что предприятия-лидеры цифровой трансформации достигают устойчивых конкурентных преимуществ благодаря комплексному развитию цифровых компетенций, использованию данных в качестве стратегического ресурса, интеграции цифровых платформ в процессы управления и постоянному совершенствованию бизнес-процессов. При этом сами технологии рассматриваются как инструмент реализации стратегических целей предприятия, а не как самостоятельный объект развития.

Полученные результаты количественного исследования также подтверждают необходимость перехода от технологического к системному пониманию цифровой трансформации. Регрессионный анализ показал, что влияние отдельных факторов цифровизации на трансформацию бизнес-модели носит неоднородный характер. Наиболее значимое воздействие на интегральную трансформацию бизнес-модели оказывает внедрение технологий искусственного интеллекта, тогда как цифровая трансформация и цифровые способности предприятия в большей степени проявляются через изменение отдельных компонентов бизнес-модели, прежде всего процессов создания ценности. Это свидетельствует о том, что влияние цифровых технологий реализуется опосредованно, через развитие организационных возможностей предприятия и изменение механизмов формирования ценности, а не исключительно за счет автоматизации производственных операций.

Результаты качественного исследования позволили существенно дополнить количественные выводы. Проведенные полуструктурированные интервью с руководителями и специалистами предприятий агропромышленного комплекса показали, что ключевыми факторами успешной цифровой трансформации являются готовность руководства к организационным изменениям, наличие долгосрочной стратегии цифрового развития, развитие цифровых компетенций персонала и

способность предприятия адаптировать существующие бизнес-процессы к новым цифровым условиям. Одновременно респонденты отмечали, что внедрение отдельных цифровых решений без изменения организационной модели управления, перераспределения функций и формирования новых механизмов взаимодействия подразделений не обеспечивает достижения ожидаемых экономических результатов.

Дополнительным подтверждением необходимости системного подхода стали результаты моделирования бизнес-процессов и разработки цифрового двойника молочно-товарной фермы. Выполненное моделирование процессов «AS-IS» и «TO-BE» показало, что наибольший эффект достигается не вследствие внедрения отдельных цифровых инструментов, а благодаря комплексной перестройке производственных процессов, информационных потоков, механизмов принятия управленческих решений и распределения ответственности между участниками производственной системы. Таким образом, цифровой двойник выступил не только средством визуализации процессов, но и инструментом проектирования новой организационной модели функционирования предприятия.

Обобщение результатов теоретического анализа, международного опыта, эмпирических исследований и практической апробации цифровых решений позволяет сделать вывод о необходимости разработки интегрированной концептуальной модели цифровой трансформации агропромышленных предприятий Республики Казахстан. Такая модель должна рассматривать цифровую трансформацию как последовательный процесс организационных изменений, основанный на взаимосвязанном развитии цифровых технологий, организационных способностей и трансформации бизнес-модели предприятия. В отличие от существующих подходов, ориентированных преимущественно на технологические аспекты цифровизации, предлагаемая концептуальная модель интегрирует процессы создания, доставки и извлечения ценности, учитывает специфику функционирования предприятий агропромышленного комплекса и опирается на результаты проведенных авторских исследований. Именно такая интеграция обеспечивает переход от локального внедрения цифровых решений к формированию устойчивой системы управления цифровой трансформацией предприятия и создает основу для разработки организационно-экономического механизма ее практической реализации.

6.1.2 Методологические основы построения концептуальной модели цифровой трансформации агропромышленных предприятий

Разработка концептуальной модели цифровой трансформации агропромышленных предприятий Республики Казахстан основывалась на

интеграции современных теоретических подходов к управлению цифровыми изменениями, результатов проведенных эмпирических исследований, а также практического опыта моделирования и апробации цифровых решений в агропромышленном комплексе. В отличие от существующих моделей, преимущественно ориентированных на описание отдельных аспектов цифровизации, предложенная концепция рассматривает цифровую трансформацию как многоуровневый процесс последовательного изменения организационной системы предприятия, в котором цифровые технологии выступают не конечной целью, а инструментом формирования новых механизмов создания ценности и обеспечения устойчивого конкурентного развития.

Методологической основой исследования послужил системный подход, рассматривающий агропромышленное предприятие как открытую социально-экономическую систему, функционирующую в условиях постоянного взаимодействия с внешней средой. В рамках данного подхода цифровая трансформация трактуется как комплекс взаимосвязанных изменений, затрагивающих производственные процессы, организационную структуру, информационные потоки, систему управления, экономические механизмы и бизнес-модель предприятия. Это позволяет отказаться от традиционного понимания цифровизации как процесса автоматизации отдельных функций и перейти к рассмотрению предприятия как единой цифровой экосистемы, в которой изменения каждого элемента оказывают влияние на эффективность функционирования всей системы.

Системный подход был дополнен положениями ресурсной концепции (Resource-Based View), согласно которой устойчивые конкурентные преимущества предприятия формируются не столько за счет наличия отдельных ресурсов, сколько благодаря способности эффективно их комбинировать и использовать. В условиях цифровой экономики особое значение приобретают нематериальные ресурсы — данные, цифровые компетенции персонала, организационные знания, программные платформы и аналитические инструменты. Именно они становятся основой формирования новых источников создания ценности и определяют способность предприятия адаптироваться к быстро меняющимся условиям внешней среды.

Дальнейшее развитие ресурсного подхода в рамках настоящего исследования связано с использованием концепции динамических способностей (Dynamic Capabilities), объясняющей механизмы адаптации предприятий к технологическим изменениям. В соответствии с данной концепцией конкурентоспособность организации определяется не только имеющимися ресурсами, но и способностью своевременно выявлять изменения внешней среды, оперативно трансформировать внутренние процессы и интегрировать новые технологические решения в существующую систему управления. Применительно к

агропромышленным предприятиям это означает необходимость постоянного обновления производственных технологий, совершенствования методов управления и развития цифровых компетенций персонала.

Существенное влияние на формирование авторской модели оказала теория бизнес-моделей, рассматривающая цифровую трансформацию через изменение механизмов создания, доставки и извлечения ценности. В предыдущих главах было показано, что именно трансформация компонентов бизнес-модели является наиболее объективным результатом внедрения цифровых технологий. Такой подход позволил отказаться от оценки цифровизации исключительно через уровень автоматизации отдельных операций и сосредоточить внимание на структурных изменениях в системе функционирования предприятия.

В отличие от большинства существующих исследований, где трансформация бизнес-модели рассматривается как единый интегральный процесс, в настоящей работе использован компонентный подход. Это позволило исследовать особенности изменения процессов создания ценности (Value Creation), доставки ценности (Value Delivery) и извлечения ценности (Value Capture) как относительно самостоятельных, но взаимосвязанных направлений цифровой трансформации. Полученные результаты показали, что влияние цифровых технологий на каждый из компонентов имеет различную интенсивность и реализуется посредством разных организационных механизмов, что подтверждает необходимость их самостоятельного анализа при разработке концептуальной модели.

Важной особенностью предлагаемой концепции является использование принципов конвергентного смешанного исследовательского дизайна (convergent mixed methods design). Формирование модели осуществлялось не только на основе анализа научной литературы, но и посредством интеграции результатов количественного и качественного исследований. Количественный этап позволил определить статистически значимые взаимосвязи между уровнем цифровой трансформации, использованием технологий искусственного интеллекта, цифровыми способностями предприятий и изменением компонентов бизнес-модели. Качественный этап, основанный на полуструктурированных интервью с руководителями и специалистами предприятий агропромышленного комплекса, обеспечил интерпретацию выявленных закономерностей, позволил определить организационные факторы цифровой трансформации и выявить практические механизмы реализации цифровых изменений.

Дополнительную методологическую основу исследования составили результаты моделирования бизнес-процессов агропромышленных предприятий с использованием специализированной системы Business Studio. Построение моделей текущего (AS-IS) и целевого (TO-BE) состояния процессов позволило проследить влияние цифровых технологий

на изменение организационной структуры предприятия, последовательности выполнения операций, распределения ответственности и информационного взаимодействия между подразделениями. Особую роль в формировании концептуальной модели сыграла разработка цифрового двойника молочно-товарной фермы, позволившая апробировать предложенные подходы в условиях, максимально приближенных к реальной производственной деятельности. В отличие от теоретических моделей цифровизации, цифровой двойник обеспечил возможность комплексной оценки функционирования предприятия после внедрения цифровых решений и подтвердил необходимость синхронного изменения технологических, организационных и управленческих компонентов системы.

Содержание концептуальной модели также формировалось с учетом результатов международных научных стажировок и изучения лучших зарубежных практик цифровой трансформации агропромышленного комплекса. Анализ опыта предприятий Нидерландов и Словацкой Республики показал, что устойчивые результаты цифровизации достигаются при условии интеграции цифровых технологий с процессами стратегического управления, непрерывного совершенствования бизнес-процессов и развития цифровой культуры организации. Вместе с тем проведенное исследование подтвердило невозможность прямого переноса зарубежных моделей в практику отечественных предприятий без учета институциональных особенностей, уровня технологического развития, структуры сельскохозяйственного производства и механизмов государственной поддержки цифровизации в Республике Казахстан.

Таблица 6.1 Научные основы формирования авторской концептуальной модели

Теоретический/ эмпирический источник	Что заимствовано в модель	Авторское развитие
Системный подход	Предприятие как открытая система	Добавлены цифровые контуры управления
Resource-Based View	Цифровые ресурсы	Выделены цифровые способности как самостоятельный элемент
Dynamic Capabilities	Адаптация к изменениям	Связана с цифровой зрелостью предприятий АПК
Теория бизнес-моделей	Value Creation – Value Delivery – Value Capture	Эмпирически подтверждены различия трансформации компонентов
Регрессионный анализ	Статистически значимые взаимосвязи	Использованы при построении логики модели
Интервью	Организационные механизмы	Интегрированы в концептуальную схему
Цифровой двойник	Практическая апробация	Подтверждена реализуемость предложенной модели

Представленные в таблице 6.1 положения показывают, что концептуальная модель формируется на основе сочетания теоретических подходов и результатов собственных эмпирических исследований. Теоретические концепции определяют общую логику цифровой трансформации предприятия, тогда как результаты регрессионного анализа, интервью и практической апробации позволяют конкретизировать взаимосвязи между ее отдельными элементами применительно к агропромышленным предприятиям. Такое сочетание обеспечивает переход от абстрактного представления о цифровизации к модели, учитывающей реальные организационные, процессные и экономические изменения, возникающие в ходе цифровой трансформации.

6.1.3 Концептуальная модель цифровой трансформации агропромышленных предприятий Республики Казахстан

Обобщение теоретических положений, результатов эмпирического исследования и практической апробации позволило сформировать концептуальную модель цифровой трансформации агропромышленных предприятий Республики Казахстан. В основу ее построения положено представление о цифровой трансформации как о непрерывном процессе взаимосвязанных технологических, процессных и организационно-экономических изменений, результатом которых является преобразование способов создания, доставки и извлечения ценности предприятием.

Принципиальным положением предлагаемой модели является разграничение цифровизации отдельных операций и цифровой трансформации предприятия. Использование информационных систем, датчиков, цифровых платформ, технологий искусственного интеллекта и других решений само по себе не означает перехода предприятия к цифровой модели функционирования. Трансформационный эффект возникает в том случае, когда внедрение технологий сопровождается изменением бизнес-процессов, механизмов принятия решений, распределения функций, использования данных и взаимодействия предприятия с потребителями, поставщиками и другими участниками агропродовольственной цепочки. Поэтому технологический компонент в предлагаемой модели рассматривается в качестве необходимого, но недостаточного условия цифровой трансформации.

Концептуальная модель строится как система последовательно взаимосвязанных блоков: условия и драйверы цифровой трансформации → цифровые ресурсы и технологии → организационные способности → трансформация бизнес-процессов → трансформация бизнес-модели → результаты цифровой трансформации. Между отдельными блоками предполагаются прямые и обратные связи, что отражает не линейный, а итерационный характер цифровых преобразований.

Первый блок модели образуют условия и драйверы цифровой трансформации. Они определяют необходимость изменений и одновременно формируют ограничения, в пределах которых предприятие принимает решения о направлениях и масштабах цифровизации. В предлагаемой модели целесообразно разграничивать внешние и внутренние драйверы.

К внешним относятся технологическое развитие, изменение рыночного спроса, усиление требований к качеству и прослеживаемости продукции, развитие цифровых каналов взаимодействия, конкурентное давление, государственная политика в области цифровизации и поддержки АПК, состояние цифровой инфраструктуры, а также природно-климатические и иные специфические для аграрного производства факторы. Их воздействие неодинаково для различных групп предприятий и зависит от размера хозяйства, отраслевой специализации, территориального расположения и положения в цепочке создания стоимости.

Внутренние драйверы связаны с необходимостью повышения производительности, сокращения издержек, совершенствования контроля производственных процессов, повышения качества управленческих решений и устранения информационных разрывов между подразделениями. К ним относятся также стратегическая ориентация руководства на цифровое развитие, накопленный уровень технологической оснащенности, состояние существующих бизнес-процессов и готовность персонала к организационным изменениям.

Такое разделение имеет существенное значение. Одни и те же внешние технологические возможности могут приводить к различным результатам в зависимости от внутренних характеристик предприятия. Следовательно, исходной точкой цифровой трансформации должно являться не решение о приобретении конкретной технологии, а выявление проблем и возможностей развития предприятия, для реализации которых цифровые инструменты способны обеспечить измеримый организационный или экономический эффект.

Второй блок концептуальной модели представлен цифровыми ресурсами и технологиями. Его содержание не ограничивается техническими средствами. В рамках ресурсного подхода цифровую ресурсную базу предприятия формируют данные, информационные системы, техническая инфраструктура, программные решения, цифровые компетенции работников и накопленные организационные знания. Их сочетание определяет реальные возможности предприятия использовать технологии для преобразования существующих процессов.

Технологический состав данного блока может существенно различаться в зависимости от специализации и уровня цифровой зрелости предприятия. Для агропромышленных предприятий к наиболее значимым

направлениям относятся системы управления ресурсами предприятия, технологии Интернета вещей и сенсорного мониторинга, спутниковые и геоинформационные технологии, средства автоматизации производственных операций, облачные сервисы, аналитические системы, технологии искусственного интеллекта и цифрового моделирования. Однако в рамках предлагаемой концепции принципиальное значение имеет не перечень используемых технологий, а степень их интеграции с управленческими и производственными процессами.

Центральное место в модели занимают организационные способности предприятия, обеспечивающие преобразование имеющихся цифровых ресурсов в реальные изменения его деятельности. Именно данный блок выполняет связующую функцию между технологическим потенциалом и трансформационными результатами. Предприятие может обладать современным оборудованием и программными решениями, однако при отсутствии соответствующих компетенций, организационной готовности и способности перестраивать процессы технологические инвестиции могут оставаться локальными и не приводить к изменению бизнес-модели.

К таким способностям относятся способность выявлять возможности применения цифровых решений, интегрировать технологии в существующие процессы, использовать данные при принятии решений, координировать изменения между подразделениями, развивать компетенции персонала и осуществлять постоянную адаптацию процессов. Тем самым организационные способности выполняют функцию преобразования цифрового потенциала предприятия в способность к цифровой трансформации.

Следующим блоком выступает трансформация бизнес-процессов. Его включение в модель имеет принципиальное значение, поскольку именно на уровне процессов происходит практическое соединение технологий, ресурсов и организационных изменений. Цифровая трансформация предполагает не механический перенос существующих операций в электронную среду, а анализ действующих процессов, выявление операций, не создающих ценность, изменение информационных потоков, автоматизацию отдельных функций и проектирование целевого состояния процессов.

Логика такого преобразования была апробирована в рамках проведенного исследования посредством моделирования состояний AS-IS и TO-BE. Процессный уровень в предлагаемой модели тем самым выполняет роль своеобразного переходного контура между внедрением цифровых решений и изменением бизнес-модели предприятия. Технология приобретает трансформационное значение тогда, когда изменяет способ выполнения деятельности, распределение ресурсов, механизм принятия решений или взаимодействие участников процесса.

Результатом процессных и организационных преобразований становится трансформация бизнес-модели предприятия, которая в предлагаемой концепции рассматривается через три взаимосвязанных компонента: создание ценности (Value Creation), доставка ценности (Value Delivery) и извлечение ценности (Value Capture).

Создание ценности охватывает изменения в использовании ресурсов, производственных технологиях, организации операций, управлении качеством и принятии решений. Использование цифровых данных позволяет повысить наблюдаемость производственных процессов, сократить информационную неопределенность и перейти от преимущественно реактивного управления к более оперативному и прогнозному.

Доставка ценности отражает изменения во взаимодействии предприятия с потребителями, поставщиками и другими участниками цепочки создания стоимости. Цифровые каналы коммуникации, платформенные решения, системы прослеживаемости и обмен данными позволяют сокращать информационные разрывы между участниками рынка, повышать прозрачность поставок и совершенствовать координацию движения продукции.

Извлечение ценности связано с экономическим результатом изменений: структурой затрат, источниками доходов, производительностью ресурсов, скоростью оборота информации и возможностью формирования дополнительных источников дохода. Цифровая трансформация в данном случае должна оцениваться не количеством внедренных информационных систем, а способностью предприятия преобразовывать технологические и организационные изменения в устойчивый экономический эффект.

Выделение трех компонентов бизнес-модели обусловлено результатами проведенного эмпирического исследования, показавшего неоднородность воздействия факторов цифровизации на различные направления ее трансформации. Это позволяет отказаться от предположения о том, что цифровизация автоматически и одинаково изменяет все элементы деятельности предприятия. Напротив, трансформационная траектория определяется исходным состоянием предприятия, его ресурсами, организационными способностями и характером внедряемых цифровых решений.

Завершающий блок модели образуют результаты цифровой трансформации. Они предлагаются к рассмотрению на трех взаимосвязанных уровнях. На операционном уровне результатами являются сокращение продолжительности процессов, снижение количества ручных операций, повышение точности и доступности информации, сокращение потерь и повышение управляемости производственных процессов. На экономическом уровне ожидаемые

эффекты выражаются в снижении затрат, повышении производительности ресурсов, росте доходности и эффективности использования активов. На стратегическом уровне цифровая трансформация создает предпосылки для повышения адаптивности предприятия, развития новых форм взаимодействия с рынком, укрепления конкурентоспособности и устойчивости его бизнес-модели.

При этом результирующий блок не является конечной точкой модели. Полученные результаты формируют контур обратной связи: мониторинг показателей позволяет выявлять отклонения, оценивать результативность внедренных решений и определять необходимость дальнейшего изменения процессов, технологий и организационных механизмов. Поэтому цифровая трансформация в предлагаемой модели представляет собой циклический процесс, предполагающий последовательные итерации диагностики, проектирования, внедрения, оценки и корректировки.

Таким образом, предлагаемая концептуальная модель отражает переход от технологически ориентированного понимания цифровизации к организационно-экономической логике цифровой трансформации. Ее центральным положением является то, что цифровые технологии создают потенциал изменений, однако реализация этого потенциала происходит посредством развития организационных способностей и трансформации бизнес-процессов, которые, в свою очередь, обеспечивают изменение компонентов бизнес-модели и формирование операционных, экономических и стратегических результатов.

Обобщение представленных теоретических положений и результатов проведенных исследований позволило определить структуру и взаимосвязи основных элементов цифровой трансформации агропромышленных предприятий. В соответствии с принятой методологией цифровая трансформация рассматривается как последовательное преобразование, при котором воздействие внешних и внутренних драйверов формирует потребность в развитии цифровых ресурсов и технологий, их практическое использование обеспечивается организационными способностями предприятия, а последующие изменения бизнес-процессов создают предпосылки для трансформации бизнес-модели и получения операционных, экономических и стратегических результатов. Данная логика положена в основу авторской концептуальной модели, представленной на рисунке 6.1.

Как видно из рисунка 6.1, предложенная модель имеет не линейный, а циклический характер. Получение результатов цифровой трансформации не завершает процесс преобразований: посредством мониторинга и оценки достигнутых эффектов формируется обратная связь, на основе которой корректируются применяемые решения и определяются направления следующего цикла трансформации.

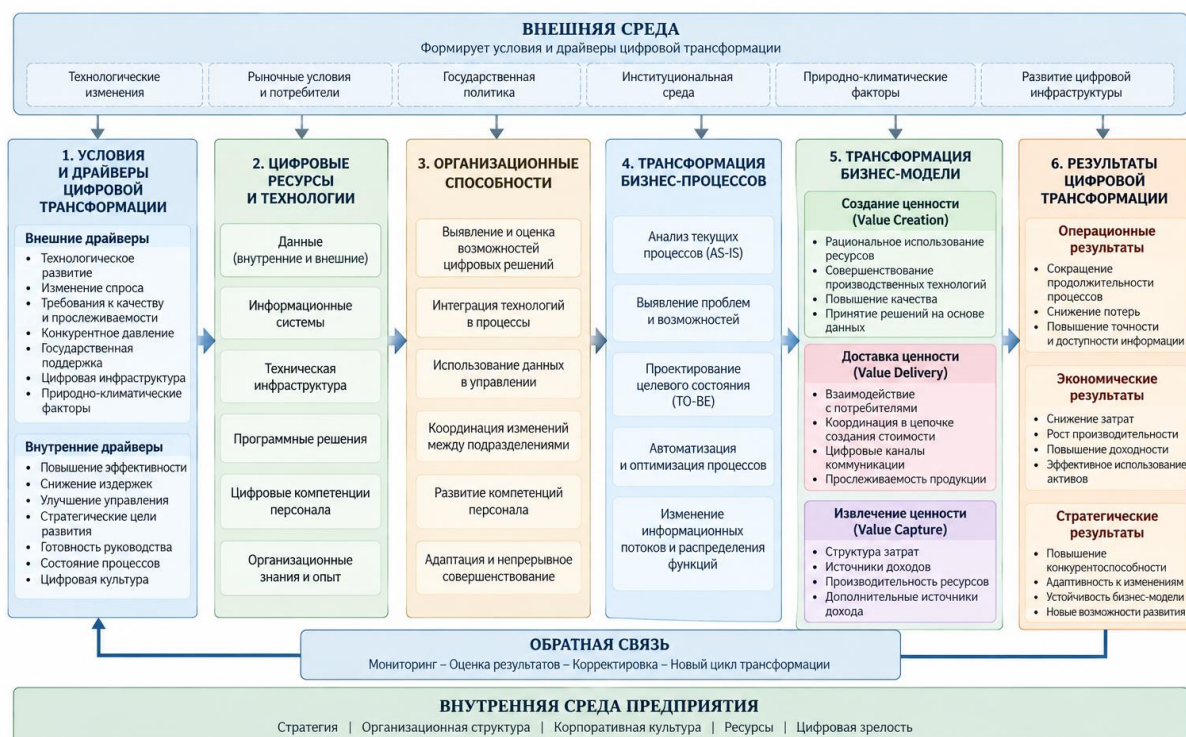


Рисунок 6.1 - Концептуальная модель цифровой трансформации агропромышленных предприятий Республики Казахстан

При этом все этапы реализуются во взаимосвязи с внешней средой и внутренними характеристиками предприятия, включая его стратегию, организационную структуру, корпоративную культуру, ресурсное обеспечение и уровень цифровой зрелости. Принципиальной особенностью модели является выделение организационных способностей и трансформации бизнес-процессов в качестве связующих элементов между цифровыми ресурсами и изменением бизнес-модели. Тем самым наличие цифровых технологий рассматривается лишь как потенциал трансформации, тогда как его реализация зависит от способности предприятия интегрировать технологии в процессы управления и производства, использовать данные при принятии решений и осуществлять организационные изменения. Конечным проявлением цифровой трансформации становится изменение способов создания, доставки и извлечения ценности, обеспечивающее формирование операционных, экономических и стратегических эффектов.

Исходным элементом концептуальной модели выступают условия и драйверы цифровой трансформации, определяющие необходимость, направленность и интенсивность преобразований на предприятии. Их воздействие целесообразно рассматривать на двух взаимосвязанных уровнях — внешнем и внутреннем. Такое разграничение позволяет учитывать, с одной стороны, изменения среды функционирования

агропромышленного предприятия, а с другой — его собственную готовность инициировать и поддерживать цифровые преобразования.

К внешним драйверам относятся технологическое развитие, изменение рыночного спроса и требований потребителей, усиление конкуренции, государственная политика и меры поддержки, развитие цифровой инфраструктуры, а также природно-климатические факторы. Для агропромышленных предприятий влияние последних имеет особое значение, поскольку нестабильность погодных условий, сезонность и биологический характер производства повышают потребность в оперативном получении и обработке данных, мониторинге состояния производственных объектов и повышении обоснованности управленческих решений. Одновременно распространение цифровых технологий и изменение требований участников агропродовольственных цепочек создают новые возможности для совершенствования производства, прослеживаемости продукции и взаимодействия с рынком.

Внутренние драйверы связаны прежде всего с необходимостью повышения эффективности деятельности предприятия: сокращения издержек, повышения производительности, совершенствования качества управления и устранения информационных разрывов между отдельными процессами и подразделениями. Существенное значение имеют стратегическая ориентация руководства, готовность персонала к изменениям, текущее состояние бизнес-процессов и сформировавшаяся цифровая культура. Именно сочетание внешнего давления и внутренних потребностей определяет, насколько цифровая трансформация становится для предприятия не отдельной технологической инициативой, а направлением его стратегического развития.

При этом воздействие драйверов не предполагает автоматического перехода к внедрению конкретных цифровых технологий. В предлагаемой модели они прежде всего формируют потребность в изменениях и определяют проблемные области, в которых цифровые решения способны обеспечить наибольший эффект. Поэтому исходной точкой трансформации является выявление разрыва между текущим состоянием предприятия и требуемыми параметрами его функционирования, после чего определяются необходимые цифровые ресурсы, технологии и организационные изменения.

Следующий уровень концептуальной модели образуют цифровые ресурсы и технологии, формирующие ресурсную основу преобразований. В их состав включаются данные, информационные системы, техническая инфраструктура, программные решения, цифровые компетенции персонала и организационные знания. Такое представление расширяет традиционное понимание цифровых ресурсов, не ограничивая их исключительно программно-техническими средствами. В условиях цифровой трансформации данные и накопленные знания приобретают

самостоятельную ценность, поскольку обеспечивают информационную основу для анализа состояния предприятия, выявления отклонений и принятия управленческих решений.

Состав применяемых цифровых технологий определяется отраслевой специализацией предприятия, характером его производственных процессов, масштабом деятельности и достигнутым уровнем цифровой зрелости. Поэтому предлагаемая модель не предполагает универсального набора технологических решений, обязательного для всех агропромышленных предприятий. Приоритет должен отдаваться тем технологиям, применение которых связано с конкретными проблемами и задачами предприятия и способно обеспечить изменение соответствующих производственных или управленческих процессов.

Вместе с тем наличие цифровых ресурсов и доступ к современным технологиям сами по себе не обеспечивают цифровую трансформацию. Переход от технологического потенциала к фактическим изменениям деятельности предприятия осуществляется посредством организационных способностей. В концептуальной модели данный элемент выполняет связующую функцию между ресурсно-технологической базой и последующим преобразованием бизнес-процессов.

Организационные способности характеризуют возможность предприятия выявлять перспективные направления применения цифровых решений, интегрировать технологии в существующие процессы, использовать данные в управлении, координировать изменения между подразделениями и развивать необходимые компетенции персонала. Важным их проявлением становится способность не только внедрить конкретное решение, но и адаптировать организацию работы к возникающим изменениям, обеспечивая дальнейшее совершенствование процессов по мере накопления данных и опыта эксплуатации цифровых инструментов.

Особое значение имеет использование данных в процессе принятия решений. В традиционной модели управления информация нередко формируется с временным лагом, передается между отдельными подразделениями и используется преимущественно для фиксации уже произошедших событий. Цифровизация создает возможности для повышения оперативности получения информации, объединения данных из различных источников и их последующего анализа. Однако практический эффект возникает только при условии включения полученной информации в процедуры управления предприятием. Следовательно, развитие цифровой инфраструктуры должно сопровождаться изменением механизмов подготовки и принятия решений.

Не менее значимой составляющей является координация цифровых изменений между функциональными и производственными подразделениями. Фрагментарное внедрение решений, ориентированных

на отдельный участок деятельности, способно повышать эффективность конкретной операции, однако не всегда приводит к улучшению сквозного бизнес-процесса. Более того, отсутствие согласования может создавать новые информационные разрывы и дублирование функций. Поэтому цифровая трансформация требует согласования технологических инициатив с архитектурой процессов предприятия и распределением ответственности между их участниками.

Развитие цифровых компетенций персонала также рассматривается как необходимое условие реализации технологического потенциала. При этом речь идет не только о навыках эксплуатации программного обеспечения и оборудования. Значение приобретают способность работников интерпретировать цифровые данные, использовать их при выполнении профессиональных функций, взаимодействовать в измененной информационной среде и участвовать в совершенствовании процессов. Тем самым развитие компетенций должно осуществляться параллельно с внедрением технологий, а не рассматриваться как последующее вспомогательное мероприятие.

Таким образом, взаимосвязь второго и третьего блоков концептуальной модели отражает переход от наличия цифрового потенциала к способности предприятия реализовать его в своей деятельности. Цифровые ресурсы и технологии определяют, какие возможности преобразования доступны предприятию, тогда как организационные способности определяют, насколько эти возможности могут быть интегрированы в реальные производственные и управленческие процессы. Именно на этом уровне создаются предпосылки для перехода к следующему этапу — трансформации бизнес-процессов.

Следующим элементом концептуальной модели является трансформация бизнес-процессов, обеспечивающая практическую реализацию сформированного цифрового потенциала предприятия. Именно на процессном уровне цифровые ресурсы, технологии и организационные способности преобразуются в конкретные изменения способов выполнения производственных и управленческих функций. В этой связи трансформация бизнес-процессов рассматривается как связующее звено между внедрением цифровых решений и последующим изменением бизнес-модели предприятия.

Процесс преобразований предполагает последовательный анализ текущего состояния бизнес-процессов (AS-IS), выявление проблемных участков и операций, не создающих ценность, определение возможностей применения цифровых решений и проектирование целевого состояния (TO-BE). При этом целью является не максимальная автоматизация существующего процесса, а его рациональное перепроектирование с учетом возможностей цифровых технологий. Отдельные операции могут быть автоматизированы, сокращены, объединены или исключены;

изменению могут подвергаться последовательность действий, информационные потоки, распределение функций и ответственности между участниками процесса.

Результаты проведенного в рамках исследования моделирования бизнес-процессов подтверждают значимость такого подхода. Сопоставление моделей AS-IS и TO-BE позволило выявить возможности сокращения продолжительности отдельных операций, изменения последовательности их выполнения, уменьшения доли ручного труда и совершенствования информационного обеспечения процессов. Тем самым цифровая трансформация проявляется не в самом факте внедрения технологического решения, а в изменении способа организации деятельности предприятия под воздействием новых технологических возможностей.

Важной характеристикой процессной трансформации является изменение информационных потоков. Цифровые технологии позволяют автоматизировать сбор и передачу данных, повысить их доступность для участников процесса и сократить временной разрыв между возникновением события и принятием управленческого решения. В результате информация становится не только средством учета и контроля, но и ресурсом оперативного управления. Для агропромышленных предприятий это особенно важно в связи с необходимостью учитывать состояние биологических объектов, производственного оборудования и внешней среды при организации производственных процессов.

Процессный подход позволяет также снизить риск фрагментарной цифровизации. Внедрение цифрового решения в пределах отдельной операции может обеспечивать локальный эффект, не приводя к повышению эффективности всего процесса. Поэтому в предлагаемой модели объектом трансформации выступают не изолированные операции, а взаимосвязанные бизнес-процессы предприятия. Их анализ позволяет оценить последствия изменений для смежных функций, информационного обмена, использования ресурсов и конечных результатов деятельности.

Вместе с тем трансформация бизнес-процессов не является конечным результатом цифровых преобразований. Изменение способов выполнения деятельности постепенно затрагивает более высокий уровень функционирования предприятия — его бизнес-модель. В предлагаемой концепции данный переход имеет принципиальное значение: цифровая трансформация признается состоявшейся тогда, когда изменения выходят за пределы отдельных процессов и оказывают влияние на способы создания, доставки и извлечения ценности.

Первый компонент - создание ценности (Value Creation) — отражает изменения внутренней логики формирования продукта и организации деятельности предприятия. Цифровые технологии позволяют совершенствовать использование производственных ресурсов, повышать

наблюдаемость процессов, улучшать качество информационного обеспечения и принимать решения на основе данных. В результате изменяются не только отдельные операции, но и способы сочетания ресурсов, технологий, компетенций и информации при создании конечной ценности.

Второй компонент - доставка ценности (Value Delivery) — характеризует изменения во взаимодействии предприятия с потребителями, поставщиками и другими участниками агропродовольственной цепочки. Использование цифровых каналов коммуникации, систем обмена данными и инструментов прослеживаемости продукции создает возможности для повышения прозрачности взаимодействия, сокращения информационных разрывов и более оперативного согласования действий между участниками цепочки создания стоимости. Таким образом, цифровая трансформация выходит за организационные границы отдельного предприятия и затрагивает характер его взаимодействия с внешними контрагентами.

Третий компонент - извлечение ценности (Value Capture) — отражает способность предприятия преобразовать организационные и технологические изменения в экономические результаты. Трансформация данного компонента может проявляться в изменении структуры затрат, повышении производительности ресурсов, совершенствовании механизмов формирования доходов и появлении дополнительных возможностей монетизации создаваемой ценности. Тем самым экономический эффект рассматривается как результат совокупного изменения процессов и бизнес-модели, а не как непосредственное следствие приобретения или внедрения цифровой технологии.

Разграничение трех компонентов имеет важное значение с учетом результатов проведенного эмпирического исследования. Полученные данные показали, что цифровые факторы воздействуют на элементы бизнес-модели неодинаково: наиболее выраженные изменения могут происходить в одном компоненте при более ограниченной трансформации других. Следовательно, цифровую трансформацию предприятия нельзя оценивать исключительно с помощью единого интегрального показателя без учета характера изменений в отдельных составляющих бизнес-модели.

В предлагаемой концептуальной модели трансформация бизнес-модели поэтому рассматривается как результат накопления и взаимного усиления изменений на предыдущих уровнях. Цифровые ресурсы создают технологические возможности, организационные способности обеспечивают их освоение, трансформация бизнес-процессов изменяет способы выполнения деятельности, а совокупность этих изменений постепенно преобразует механизмы создания, доставки и извлечения ценности. Такая последовательность позволяет объяснить, почему предприятия, использующие сопоставимые цифровые технологии, могут

получать существенно различающиеся результаты цифровой трансформации.

Завершающий блок концептуальной модели представлен результатами цифровой трансформации, отражающими эффекты последовательных технологических, организационных, процессных и бизнес-модельных изменений. Для их систематизации предлагается выделять три взаимосвязанных уровня: операционный, экономический и стратегический. Такое разграничение позволяет оценивать не только непосредственные результаты внедрения цифровых решений, но и более долгосрочные изменения в функционировании и развитии предприятия.

Операционные результаты формируются непосредственно на уровне бизнес-процессов и характеризуют изменение параметров выполнения производственных и управленческих операций. К ним относятся сокращение продолжительности процессов, снижение количества ручных операций, повышение оперативности получения и обработки информации, уменьшение ошибок и потерь, повышение прозрачности процессов и качества контроля. Именно операционные показатели позволяют наиболее быстро определить, привело ли внедрение цифрового решения к фактическому изменению способа выполнения деятельности.

Полученные в рамках исследования результаты моделирования AS-IS и TO-BE подтверждают возможность количественной оценки таких изменений. На примере исследованного процесса молочно-товарной фермы было установлено сокращение средней продолжительности полного цикла с 5 ч 16 мин 57 с до 2 ч 57 мин 22 с, или на 43,8 %. Одновременно расчетная стоимость выполнения одного цикла снизилась с 10 890,92 до 7 016,02 тенге, что соответствует сокращению на 35,6 %. Данные результаты характеризуют ожидаемый эффект перепроектирования процесса при заданных параметрах модели и демонстрируют возможность предварительной оценки последствий перехода от состояния AS-IS к TO-BE до практической реализации соответствующих изменений.

Экономические результаты возникают вследствие накопления операционных эффектов и их распространения на деятельность предприятия в целом. Они могут выражаться в снижении производственных и управленческих затрат, повышении производительности труда и использования других ресурсов, сокращении потерь, улучшении оборачиваемости ресурсов и повышении эффективности деятельности. При этом экономический эффект цифровой трансформации должен оцениваться с учетом затрат, необходимых для приобретения, внедрения и эксплуатации цифровых решений, обучения персонала и организационной адаптации. Следовательно, положительное изменение отдельных параметров бизнес-процессов еще не является

достаточным основанием для вывода об экономической эффективности цифровой трансформации предприятия в целом.

Наиболее долгосрочный характер имеют стратегические результаты, связанные с повышением адаптивности и устойчивости предприятия, развитием способности быстрее реагировать на изменения внешней среды, совершенствованием взаимодействия с участниками агропродовольственной цепочки и формированием новых возможностей развития. На данном уровне цифровая трансформация становится частью общей стратегии предприятия и создает предпосылки для укрепления его конкурентных позиций. При этом содержание стратегических эффектов зависит от исходного состояния предприятия, его специализации, масштабов деятельности и выбранных направлений цифрового развития.

Принципиально важным элементом предлагаемой модели является наличие контура обратной связи. Достижение определенных результатов не рассматривается как завершение цифровой трансформации. Полученные операционные, экономические и стратегические показатели подлежат мониторингу и сопоставлению с установленными целевыми параметрами. Выявленные отклонения, новые ограничения и возможности становятся основанием для корректировки цифровых решений, бизнес-процессов и организационных механизмов.

Таким образом, формируется циклическая логика цифровой трансформации: диагностика условий и потребностей - формирование цифрового потенциала - развитие организационных способностей - преобразование бизнес-процессов - трансформация бизнес-модели - оценка результатов - корректировка и следующий цикл преобразований. Такой подход позволяет учитывать динамический характер цифрового развития и отказаться от представления о цифровой трансформации как о разовом проекте внедрения информационных технологий.

Предложенная концептуальная модель, таким образом, связывает технологический потенциал предприятия с конечными результатами через последовательность организационных и процессных преобразований. Ее принципиальное отличие состоит в том, что получение эффекта не выводится непосредственно из факта внедрения цифровых технологий. Между технологией и результатом выделяются организационные способности, трансформация бизнес-процессов и изменение компонентов бизнес-модели, что позволяет более полно раскрыть механизм формирования результатов цифровой трансформации агропромышленного предприятия.

6.1.4. Особенности применения концептуальной модели в условиях агропромышленного комплекса Республики Казахстан

Практическое применение предложенной концептуальной модели требует учета особенностей функционирования агропромышленных

предприятий Республики Казахстан. Эти особенности не изменяют общую последовательность цифровой трансформации, представленную на рисунке 6.1, однако существенно влияют на выбор ее приоритетов, масштаб внедряемых решений, потребность в ресурсах и продолжительность отдельных этапов.

Одной из ключевых особенностей является значительная неоднородность агропромышленных предприятий по масштабу деятельности, уровню технической оснащенности, финансовым возможностям и цифровой зрелости. Наряду с крупными предприятиями, располагающими собственной информационной инфраструктурой и возможностями инвестирования в комплексные цифровые решения, функционирует значительное количество малых и средних хозяйств, для которых существенными ограничениями являются стоимость технологий и недостаток специализированных кадров. В связи с этим концептуальная модель не предполагает единой технологической траектории для всех предприятий. Сохраняется общая логика трансформации, однако состав цифровых решений и глубина преобразований должны определяться исходным состоянием конкретного предприятия.

Существенное влияние оказывает территориальная распределенность сельскохозяйственного производства. Значительные расстояния между производственными объектами, удаленность отдельных хозяйств и различия в качестве цифровой инфраструктуры повышают значение технологий дистанционного мониторинга, автоматизированного сбора и передачи данных. Одновременно инфраструктурные ограничения могут препятствовать использованию решений, предполагающих постоянный высокоскоростной обмен данными. Поэтому при проектировании цифровой трансформации необходимо оценивать не только функциональные возможности выбранной технологии, но и инфраструктурные условия ее эксплуатации.

Специфика аграрного производства связана также с сезонностью, природно-климатическими рисками и биологическим характером значительной части производственных процессов. В отличие от производственных систем с относительно стабильными технологическими параметрами, агропромышленное предприятие функционирует в условиях высокой вариативности внешних факторов. Это повышает ценность оперативных данных, мониторинга и аналитических инструментов, но одновременно требует адаптивности цифровых моделей и управленческих решений. Следовательно, цифровая трансформация должна обеспечивать не только повышение эффективности стандартных операций, но и способность предприятия своевременно реагировать на отклонения и изменения условий производства.

Отдельным фактором выступает кадровое обеспечение цифровых преобразований. Эффективное использование цифровых решений требует

сочетания отраслевых и цифровых компетенций. Для агропромышленных предприятий особое значение имеет способность специалистов не просто работать с программными продуктами, а интерпретировать получаемые данные с учетом технологических особенностей конкретного производства. Поэтому развитие компетенций персонала должно осуществляться одновременно с технологической и процессной трансформацией и рассматриваться как один из факторов ее результативности.

Важное значение имеют финансовые возможности предприятия. Цифровая трансформация предполагает расходы не только на приобретение оборудования и программного обеспечения, но и на интеграцию решений, обучение работников, сопровождение систем и последующее обновление цифровой инфраструктуры. Это обуславливает необходимость поэтапного характера преобразований и предварительной оценки ожидаемого эффекта. Для предприятий с ограниченными инвестиционными возможностями приоритетными должны становиться решения, позволяющие устранить наиболее существенные процессные ограничения и получить измеримый результат без необходимости одномоментного комплексного переоснащения.

Особенности применения модели связаны и с институциональной средой цифровой трансформации. Государственные программы, инструменты поддержки агропромышленного комплекса, деятельность научных и образовательных организаций, поставщиков цифровых решений и отраслевых объединений формируют внешние условия, способные ускорять либо ограничивать внедрение технологий. В этой связи цифровую трансформацию агропромышленного предприятия следует рассматривать не изолированно, а во взаимодействии с более широкой системой участников, обеспечивающих технологические, финансовые, кадровые и информационные ресурсы.

Указанные особенности определяют необходимость дифференцированного подхода к цифровой трансформации предприятий АПК Казахстана. Практическая реализация концептуальной модели должна начинаться с диагностики исходного состояния предприятия, определения наиболее значимых проблем бизнес-процессов и оценки его ресурсных и организационных возможностей. На этой основе формируется индивидуальная последовательность цифровых преобразований, при которой масштаб и сложность применяемых решений соответствуют уровню цифровой зрелости и экономическим возможностям предприятия.

Таким образом, адаптация концептуальной модели к условиям Республики Казахстан заключается не в изменении ее базовой логики, а в дифференциации инструментов, темпов и глубины цифровой трансформации. Это позволяет применять единый методологический подход к различным категориям агропромышленных предприятий,

сохраняя возможность выбора конкретной траектории преобразований с учетом их отраслевой специализации, масштаба деятельности, ресурсного потенциала и исходного уровня цифрового развития.

6.2 Организационно-экономический механизм реализации цифровой трансформации

Разработанная концептуальная модель определяет общую логику цифровой трансформации агропромышленного предприятия, однако ее практическая реализация требует формирования системы организационных и экономических условий, инструментов и управленческих воздействий, обеспечивающих переход от текущего состояния предприятия к целевым параметрам цифрового развития. В этой связи следующим этапом исследования является разработка организационно-экономического механизма реализации цифровой трансформации агропромышленных предприятий.

В рамках настоящего исследования под организационно-экономическим механизмом цифровой трансформации предлагается понимать систему взаимосвязанных субъектов, принципов, организационных форм, экономических инструментов, ресурсов и методов управления, обеспечивающих инициирование, планирование, финансирование, реализацию и оценку цифровых преобразований агропромышленного предприятия. Его назначение состоит в создании условий, при которых технологические возможности преобразуются в устойчивые организационные и экономические результаты.

Необходимость формирования такого механизма обусловлена тем, что цифровая трансформация выходит за рамки компетенций отдельного функционального подразделения предприятия. Она затрагивает стратегическое управление, производственные и обеспечивающие процессы, инвестиционную деятельность, кадровое развитие, информационное взаимодействие и систему оценки эффективности. Соответственно, ее реализация требует координации решений различных участников и согласования технологических инициатив с экономическими возможностями и стратегическими приоритетами предприятия.

При этом организационная и экономическая составляющие механизма находятся в тесной взаимосвязи. Организационная составляющая определяет субъектов трансформации, распределение функций и ответственности, порядок взаимодействия участников, процедуры принятия решений и управления изменениями. Экономическая составляющая обеспечивает обоснование и ресурсную поддержку цифровых преобразований посредством планирования затрат, выбора источников финансирования, оценки экономической целесообразности проектов и применения инструментов стимулирования их реализации. Раздельное функционирование этих составляющих снижает

результативность трансформации: технологически обоснованный проект может оказаться экономически нецелесообразным, тогда как наличие финансовых ресурсов без соответствующей организационной готовности не обеспечивает их эффективного использования.

Организационно-экономический механизм должен обеспечивать реализацию взаимосвязанных функций. К ним относятся диагностическая функция, предусматривающая определение исходного состояния предприятия и выявление проблемных областей; планово-координационная, связанная с формированием целей, приоритетов и согласованием действий участников; ресурсная, обеспечивающая мобилизацию финансовых, кадровых, технологических и информационных ресурсов; стимулирующая, направленная на формирование заинтересованности участников в реализации изменений; контрольная, предполагающая мониторинг показателей и оценку полученных результатов; адаптационная, обеспечивающая корректировку решений в зависимости от достигнутых эффектов и изменений внешней среды.

Формирование механизма основывается на принципах системности, экономической обоснованности, поэтапности, адаптивности, процессной ориентации, измеримости результатов и согласованности интересов участников. Принцип системности предполагает рассмотрение цифровых преобразований во взаимосвязи с общей стратегией и бизнес-моделью предприятия. Экономическая обоснованность требует сопоставления ожидаемых эффектов с необходимыми затратами и рисками. Поэтапность позволяет соотносить масштаб преобразований с ресурсными возможностями предприятия и результатами предыдущих этапов. Адаптивность обеспечивает возможность корректировки выбранной траектории в условиях изменения внешних и внутренних факторов.

Процессная ориентация означает, что объектом цифровой трансформации выступают не отдельные технологии, а бизнес-процессы, в рамках которых эти технологии используются. Измеримость предполагает установление показателей, позволяющих оценивать операционные, экономические и стратегические результаты преобразований. Наконец, согласованность интересов участников необходима в связи с тем, что цифровая трансформация затрагивает не только руководство и работников предприятия, но и внешних участников — поставщиков технологий, финансовые организации, государственные структуры, научные и образовательные организации и других партнеров.

С учетом указанных положений организационно-экономический механизм предлагается формировать в виде взаимосвязанных целевого, субъектно-организационного, ресурсного, инструментального и контрольно-результативного блоков. Целевой блок определяет

стратегические ориентиры и задачи цифровой трансформации; субъектно-систему показателей, мониторинга, оценки и корректировки результатов.

Связь разработанного механизма с концептуальной моделью, представленной в разделе 6.1, обеспечивается через его воздействие на условия практической реализации цифровых преобразований. Если концептуальная модель раскрывает последовательность перехода от драйверов и цифровых ресурсов к трансформации бизнес-процессов, бизнес-модели и формированию результатов, то организационно-экономический механизм создает управленческую и ресурсную основу для осуществления данного перехода. Тем самым концептуальная модель отвечает на вопрос о логике цифровой трансформации, а организационно-экономический механизм - о способах ее практической реализации.

С учетом определенных целей, функций и принципов организационно-экономический механизм цифровой трансформации сформирован как система взаимосвязанных блоков, обеспечивающих ресурсное и организационное сопровождение преобразований на всех этапах их реализации. Его структура объединяет субъектов цифровой трансформации, необходимые ресурсы и инструменты воздействия с последовательностью практических действий и системой контроля полученных результатов. При этом взаимосвязь элементов механизма носит циклический характер, поскольку результаты реализации цифровых инициатив используются для последующей корректировки целей, инструментов и направлений преобразований. Структура предлагаемого организационно-экономического механизма представлена на рисунке 6.2.

Как видно из рисунка 6.2, организационно-экономический механизм объединяет стратегический, обеспечивающий, процессный и контрольно-результативный уровни реализации цифровой трансформации. Исходным ориентиром выступает цель цифровых преобразований, достижение которой обеспечивается соблюдением установленных принципов и взаимодействием субъектно-организационного, ресурсного и инструментального блоков. Их совместное функционирование создает необходимые условия для последовательного прохождения этапов диагностики и анализа, определения приоритетных направлений, проектирования решений, финансирования, внедрения и оценки результатов.

Принципиальное значение имеет взаимозависимость трех обеспечивающих блоков механизма. Субъекты определяют и реализуют управленческие решения, ресурсный блок формирует необходимые финансовые, кадровые, технологические и информационные возможности, а инструментальный блок определяет способы их практического использования.

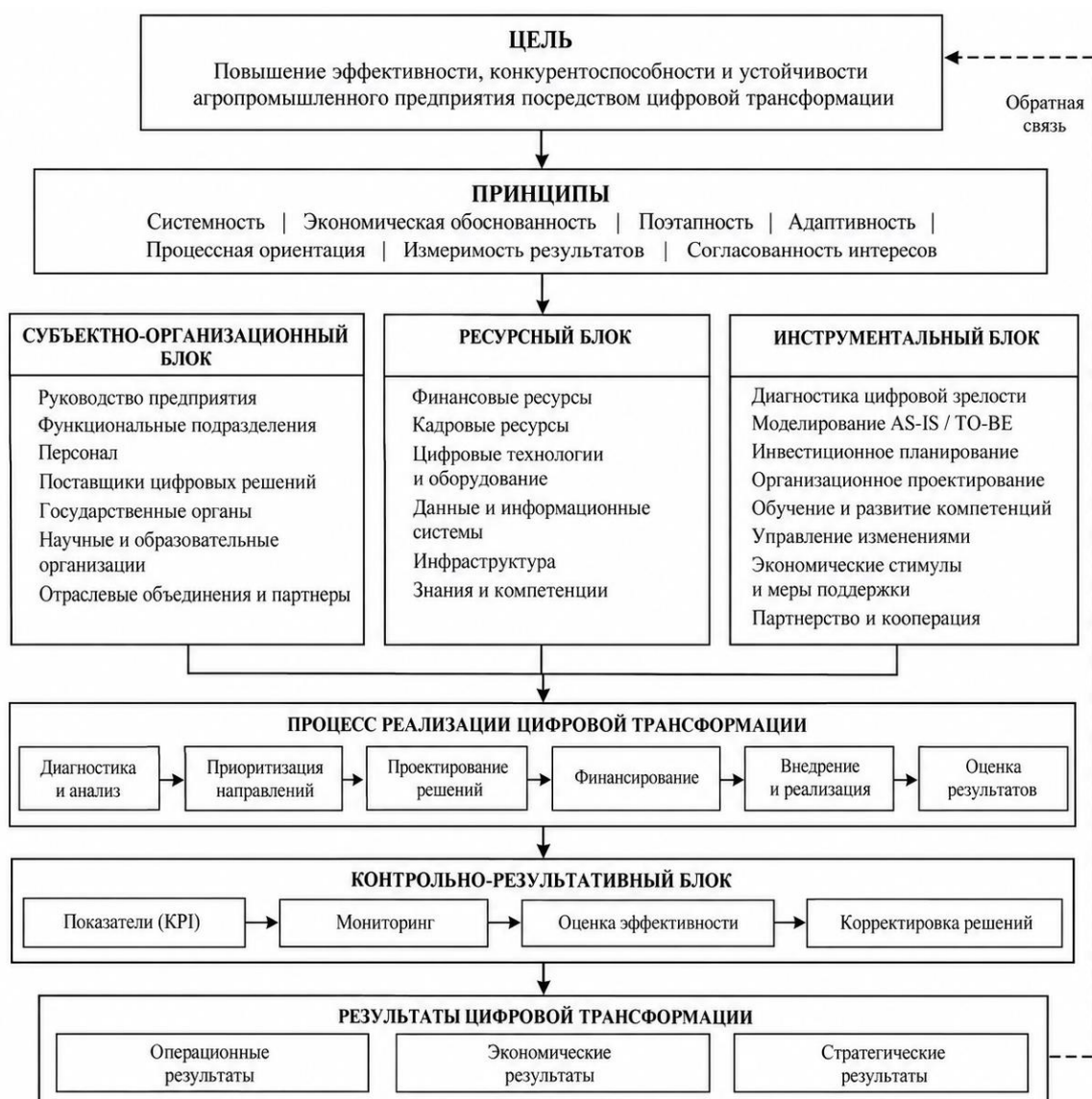


Рис. 6.2 - Организационно-экономический механизм реализации цифровой трансформации агропромышленных предприятий

Недостаточность любого из этих элементов способна ограничить результативность цифровой трансформации, поэтому механизм предполагает их согласованное применение в рамках единого процесса преобразований.

Контрольно-результативный блок обеспечивает сопоставление достигнутых показателей с установленными целевыми ориентирами и формирует основание для корректировки последующих решений. Тем самым механизм не завершается получением операционных, экономических и стратегических результатов: посредством обратной связи они включаются в следующий управленческий цикл. Это обеспечивает адаптивность механизма и позволяет корректировать масштаб, последовательность и инструменты цифровой трансформации с учетом

фактически достигнутых эффектов и изменения условий функционирования предприятия.

Субъектно-организационный блок определяет состав участников цифровой трансформации и характер их взаимодействия. Ключевая роль принадлежит руководству предприятия, определяющему стратегические приоритеты и принимающему решения о реализации цифровых инициатив. Функциональные подразделения и персонал непосредственно участвуют в преобразовании бизнес-процессов, тогда как внешние участники - поставщики цифровых решений, государственные органы, научные и образовательные организации, отраслевые объединения и партнеры - обеспечивают технологическую, консультационную, институциональную и экспертную поддержку. Эффективность данного блока определяется прежде всего согласованностью действий участников и четким распределением ответственности.

Ресурсный блок формирует материальную и нематериальную основу цифровых преобразований и включает финансовые и кадровые ресурсы, цифровые технологии и оборудование, данные и информационные системы, инфраструктуру, знания и компетенции. Состав и объем необходимых ресурсов должны определяться исходя из выбранных направлений трансформации и возможностей конкретного предприятия. При этом особое значение имеет сбалансированность ресурсного обеспечения: технологические инвестиции должны сопровождаться развитием компетенций персонала, информационной инфраструктуры и организационных знаний.

Инструментальный блок объединяет методы и инструменты практической реализации цифровой трансформации. К ним относятся диагностика цифровой зрелости, моделирование бизнес-процессов AS-IS и TO-BE, инвестиционное планирование, организационное проектирование, обучение и развитие компетенций, управление изменениями, экономические стимулы и меры поддержки, а также механизмы партнерства и кооперации. Выбор конкретных инструментов должен осуществляться дифференцированно с учетом выявленных проблем, уровня цифровой зрелости предприятия, имеющихся ресурсов и ожидаемых результатов преобразований.

Процесс реализации цифровой трансформации в рамках предлагаемого механизма включает шесть последовательных этапов. На первом этапе проводится диагностика и анализ текущего состояния предприятия, уровня его цифровой зрелости и существующих бизнес-процессов. Далее осуществляется приоритизация направлений трансформации с учетом выявленных проблем, ожидаемых эффектов и имеющихся ресурсных ограничений.

На этапе проектирования решений формируется целевое состояние бизнес-процессов и определяется состав необходимых цифровых и

организационных изменений. После экономического обоснования проекта определяются источники финансирования, объем и последовательность необходимых затрат. Следующий этап предусматривает внедрение выбранных решений, сопровождаемое организационными изменениями и развитием компетенций персонала.

Завершающим этапом является оценка результатов, предполагающая сопоставление фактически достигнутых операционных, экономических и стратегических показателей с установленными целевыми значениями. Полученные результаты используются для корректировки решений и определения последующих направлений цифровой трансформации, обеспечивая циклический характер функционирования механизма.

6.3 Практические рекомендации и дорожная карта цифровой трансформации агропромышленных предприятий

Разработанные концептуальная модель и организационно-экономический механизм создают методическую основу для практической реализации цифровой трансформации агропромышленных предприятий. Вместе с тем конкретный состав цифровых решений, последовательность их внедрения и объем необходимых ресурсов должны определяться индивидуально с учетом специализации предприятия, состояния бизнес-процессов, уровня цифровой зрелости и финансовых возможностей.

Практическая реализация цифровой трансформации должна основываться на поэтапном подходе, при котором внедрению цифровых технологий предшествуют диагностика текущего состояния предприятия и определение проблемных бизнес-процессов. Это позволяет сместить акцент с приобретения отдельных цифровых решений на достижение конкретных операционных и экономических результатов.

Практические рекомендации целесообразно формировать по ключевым направлениям цифровой трансформации, охватывающим управление, бизнес-процессы, данные и технологии, кадровое обеспечение, финансирование и оценку результатов (таблица 6.2).

Таблица 6.2 - Практические рекомендации по основным направлениям цифровой трансформации агропромышленных предприятий

Направление	Практические рекомендации	Ожидаемый результат
Стратегия и управление	Определить цели цифровой трансформации и закрепить ответственных за ее реализацию; увязать цифровые инициативы со стратегическими целями предприятия	Согласованность цифровых проектов с задачами развития предприятия
Бизнес-процессы	Провести анализ процессов AS-IS, выявить узкие места; сформировать целевые модели TO-BE и определить процессы, требующие первоочередной цифровизации	Сокращение длительности процессов, затрат и доли ручных операций

продолжение таблицы 6.2

1	2	3
Данные и цифровые технологии	Провести инвентаризацию используемых информационных систем и данных; выбирать цифровые решения исходя из задач конкретных процессов и обеспечивать их интеграцию	Повышение доступности данных и качества информационного обеспечения управления
Кадры и компетенции	Оценить потребность в цифровых компетенциях; организовать обучение работников с учетом внедряемых решений и изменений их функций	Повышение готовности персонала к цифровым преобразованиям
Финансирование	Оценивать затраты и ожидаемые эффекты цифровых проектов до начала внедрения; применять поэтапное финансирование и использовать доступные внешние источники поддержки	Снижение инвестиционных рисков и повышение экономической обоснованности проектов
Мониторинг и оценка	Установить измеримые показатели для каждого цифрового проекта; регулярно сопоставлять фактические результаты с целевыми значениями	Своевременное выявление отклонений и корректировка цифровых инициатив

Представленные рекомендации ориентированы на последовательное преобразование предприятия и предполагают взаимосвязанное развитие управленческих, процессных, технологических, кадровых и экономических компонентов. При этом их практическое применение не предполагает одновременной реализации всех мероприятий. Приоритетность и масштаб преобразований должны определяться исходным состоянием конкретного предприятия и уровнем его цифровой зрелости.

Для перевода предложенных рекомендаций в последовательный план действий разработана дорожная карта цифровой трансформации агропромышленных предприятий.

Таблица 6.3 – Дорожная карта цифровой трансформации агропромышленных предприятий

Этап	Основные мероприятия	Ответственные участники	Результат этапа	Ключевые показатели
1. Диагностика	Оценка цифровой зрелости; анализ бизнес-процессов AS-IS; выявление узких мест	Руководство, функциональные подразделения, ИТ-специалисты	Определено исходное состояние предприятия и проблемные процессы	Уровень цифровой зрелости; количество выявленных проблемных процессов

продолжение таблицы 6.3

1	2	3	4	5
2. Приоритизация	Определение процессов для первоочередной трансформации; определение KPI	Руководство, руководители подразделений	Сформирован портфель приоритетных цифровых инициатив	Количество отобранных инициатив; наличие целевых KPI
3. Проектирование	Разработка моделей ТО-ВЕ; определение необходимых технологий и организационных изменений; оценка потребности в ресурсах и компетенциях	Проектная команда, подразделения, поставщики решений	Сформированы целевые модели процессов и проекты цифровых решений	Количество разработанных ТО-ВЕ моделей; объем необходимых ресурсов
4. Экономическое обоснование и финансирование	Расчет затрат и ожидаемых эффектов; определение источников финансирования	Руководство, финансовая служба, проектная команда	Сформирован экономически обоснованный план реализации	Объем инвестиций; ожидаемый экономический эффект; срок окупаемости
5. Пилотное внедрение	Внедрение решений на выбранных процессах; обучение персонала; тестирование;	Проектная команда, персонал, поставщики цифровых решений	Подтверждена работоспособность выбранных решений	Изменение длительности и стоимости процессов; отклонение от целевых KPI
6. Масштабирование	Распространение успешных решений на другие процессы и подразделения;	Руководство, подразделения, ИТ-служба	Цифровые решения интегрированы в деятельность предприятия	Доля трансформированных процессов; степень интеграции систем; охват персонала
7. Мониторинг и развитие	Оценка операционных, экономических результатов; корректировка решений; определение новых направлений трансформации	Руководство, ответственные подразделения	Обеспечен непрерывный цикл цифрового развития	Достижение KPI; экономический эффект; динамика цифровой зрелости

Источник: составлено авторами.

Предлагаемая дорожная карта носит рамочный характер и может адаптироваться к масштабу, специализации, ресурсным возможностям и исходному уровню цифровой зрелости предприятия. Указанные сроки являются рекомендуемыми и могут корректироваться в зависимости от сложности трансформируемых бизнес-процессов и применяемых цифровых решений. Принципиальным является сохранение последовательности этапов: от диагностики и обоснования приоритетов к пилотному внедрению, масштабированию и последующей оценке результатов.

Дифференциация траекторий цифровой трансформации агропромышленных предприятий

Практическое применение разработанной дорожной карты требует учета существенных различий между агропромышленными предприятиями по уровню технологического развития, состоянию бизнес-процессов, кадровому потенциалу, доступности финансовых ресурсов и степени использования данных в управлении. В связи с этим цифровая трансформация не должна реализовываться по единому набору мероприятий. Общей остается последовательность преобразований, тогда как их содержание и глубина определяются исходным состоянием конкретного предприятия.

Для практических целей целесообразно выделить три базовые траектории цифровой трансформации: начальную, развивающую и интегрированную. Такое разграничение позволяет соотнести цифровые инициативы с фактическими возможностями предприятия и избежать как недостаточного масштаба преобразований, так и преждевременного внедрения сложных решений при отсутствии необходимых организационных и технологических предпосылок.

Начальная траектория предназначена для предприятий, на которых значительная часть учета, контроля и обмена информацией осуществляется вручную либо с использованием разрозненных программных решений. Основными задачами на данном этапе являются упорядочение бизнес-процессов, формирование базовой цифровой инфраструктуры, перевод ключевой информации в цифровую форму и развитие первоначальных цифровых компетенций персонала. Приоритет должен отдаваться относительно доступным решениям, позволяющим устранить наиболее существенные информационные разрывы и сократить объем повторяющихся ручных операций.

Развивающая траектория характерна для предприятий, уже использующих отдельные информационные системы и цифровые технологии, но не обеспечивших их полноценной интеграции в единую систему управления. Основной акцент переносится с внедрения отдельных решений на их взаимосвязь, совершенствование бизнес-процессов и более

широкое использование данных при принятии управленческих решений. На данном этапе возрастает значение моделирования процессов AS-IS и TO-BE, интеграции информационных потоков, автоматизации контроля и формирования системы показателей эффективности цифровых инициатив.

Интегрированная траектория ориентирована на предприятия с развитой цифровой инфраструктурой, накопленными данными и сформированными компетенциями. Основными направлениями становятся сквозная интеграция процессов и информационных систем, применение аналитических инструментов для поддержки принятия решений, развитие платформенного взаимодействия с поставщиками и потребителями, а также дальнейшая трансформация бизнес-модели. Цифровые технологии на данном уровне используются не только для повышения эффективности отдельных операций, но и для изменения способов создания, доставки и извлечения ценности.

Переход между указанными траекториями не является автоматическим и должен определяться результатами предыдущего этапа преобразований. Предприятие может сохранять отдельные процессы на начальном уровне при более высокой степени цифровизации других направлений деятельности. Поэтому уровень цифрового развития целесообразно рассматривать не только как характеристику предприятия в целом, но и как характеристику отдельных функциональных областей и бизнес-процессов.

Таблица 6.4 – Дифференцированные траектории цифровой трансформации агропромышленных предприятий

Характеристика	Начальная траектория	Развивающая траектория	Интегрированная траектория
Исходное состояние	Преобладание ручных операций, фрагментарное использование цифровых решений	Использование информационных систем и цифровых технологий, частичная автоматизация процессов	Развитая цифровая инфраструктура, накопленные данные, высокий уровень автоматизации отдельных процессов
Основная цель	Создание базовых условий для цифровой трансформации	Интеграция цифровых решений и повышение эффективности бизнес-процессов	Сквозная цифровая трансформация процессов и бизнес-модели
Приоритетные действия	Оцифровка данных и документов; стандартизация процессов; автоматизация типовых операций;	Интеграция систем и данных; моделирование AS-IS/TO-BE; автоматизация контроля; развитие аналитики	Сквозная интеграция процессов; расширенная аналитика; цифровое взаимодействие с партнерами; развитие новых способов создания

продолжение таблицы 6.4

1	2	3	4
Работа с бизнес-процессами	Описание и упорядочение ключевых процессов	Перепроектирование и автоматизация приоритетных процессов	Комплексная оптимизация и взаимная интеграция процессов
Использование данных	Формирование и систематизация цифровых данных	Консолидация данных и их использование для оперативного управления	Использование интегрированных данных для аналитики и поддержки управленческих решений
Кадровые приоритеты	Формирование базовых цифровых навыков	Развитие компетенций работы с цифровыми системами и данными	Развитие аналитических и управленческих цифровых компетенций
Инвестиционный подход	Небольшие по масштабу проекты с относительно быстрым эффектом	Поэтапное инвестирование в интеграцию и автоматизацию	Комплексные инвестиционные проекты с учетом долгосрочных стратегических эффектов
Основной результат	Формирование цифровой основы деятельности предприятия	Повышение связанности и эффективности процессов	Формирование интегрированной цифровой модели деятельности предприятия
Направление дальнейшего развития	Переход к интеграции цифровых решений	Переход к сквозной цифровизации и аналитическому управлению	Непрерывное совершенствование и развитие бизнес-модели

Источник: составлено авторами.

Представленные траектории не следует рассматривать как жестко фиксированные уровни, через которые предприятие должно последовательно проходить в полном объеме. В зависимости от исходного состояния отдельные бизнес-процессы могут находиться на разных стадиях цифрового развития. Поэтому выбор траектории должен осуществляться на основе диагностики конкретных процессов, а переход к более сложным цифровым решениям — после формирования необходимых технологических, кадровых и организационных предпосылок.

Приоритизация бизнес-процессов для цифровой трансформации

Ограниченность финансовых, кадровых и технологических ресурсов агропромышленных предприятий обуславливает необходимость выбора бизнес-процессов, цифровая трансформация которых должна

осуществляться в первую очередь. Одновременная цифровизация всех процессов не только требует значительных инвестиций, но и повышает организационные риски. Поэтому приоритет следует отдавать процессам, преобразование которых способно обеспечить наиболее значимый результат при приемлемом уровне затрат и сложности внедрения.

Отбор целесообразно начинать с анализа существующих моделей AS-IS и выявления процессов, характеризующихся высокой трудоемкостью, длительностью выполнения, значительной долей ручных операций, повторным вводом данных, информационными разрывами, потерями ресурсов и высокой зависимостью от оперативности принятия решений. Одновременно необходимо оценивать значимость каждого процесса для основных результатов деятельности предприятия.

Приоритетность цифровой трансформации определяется не одним показателем, а совокупностью критериев, позволяющих сопоставить потенциальный эффект преобразований с возможностями их практической реализации. Предлагаемый состав критериев представлен в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Критерии приоритизации бизнес-процессов для цифровой трансформации

Критерий	Содержание оценки	Критерии приоритетности цифровой трансформации
Стратегическая значимость	Влияние процесса на ключевые цели и результаты предприятия	высокая значимость процесса
Трудоемкость	Объем ручного труда и затраты рабочего времени	высая трудоемкость
Длительность процесса	Продолжительность выполнения операций и ожидания	Значительная продолжительность и задержки
Уровень потерь и затрат	Непроизводительные расходы, потери ресурсов, повторные операции	высокий уровень потерь и затрат
Информационные разрывы	Несвоевременность, неполнота и дублирование информации	существенные проблемы с данными
Потенциал автоматизации	Возможность применения цифровых решений для изменения процесса	высокая техническая реализуемость
Ожидаемый эффект	Возможное улучшение операционных и экономических показателей	существенно ожидаемый эффект
Ресурсная реализуемость	Соответствие необходимых затрат финансовым и кадровым возможностям	наличие необходимых ресурсов и компетенций

Использование предложенных критериев позволяет перейти от выбора цифровых решений по принципу их технологической

привлекательности к обоснованному отбору процессов, в которых цифровые преобразования наиболее целесообразны. В первую очередь рекомендуется рассматривать процессы, сочетающие высокую значимость и выраженные проблемные характеристики с достаточным потенциалом цифровизации и приемлемой ресурсной сложностью.

Результатом приоритизации должен стать перечень бизнес-процессов, ранжированных по очередности преобразования. Для процессов первой очереди разрабатываются модели ТО-ВЕ, определяются необходимые цифровые решения, оцениваются затраты и ожидаемые результаты, после чего принимается решение о пилотном внедрении.

Экономическое обоснование цифровых инициатив

Для агропромышленных предприятий Казахстана экономическое обоснование цифровых инициатив приобретает особое значение вследствие существенных различий в масштабах производства, финансовых возможностях и уровне технологической оснащенности хозяйств. Если крупные предприятия способны реализовывать комплексные проекты автоматизации и интеграции информационных систем, то для малых и средних хозяйств более приемлемым является поэтапное внедрение решений с относительно ограниченными первоначальными инвестициями и измеримым практическим эффектом.

При оценке затрат необходимо учитывать не только приобретение оборудования и программного обеспечения, но и расходы на внедрение и интеграцию, передачу и хранение данных, обучение работников, техническое обслуживание и последующее обновление цифровых решений. Для территориально удаленных сельскохозяйственных предприятий дополнительное значение имеют доступность связи и цифровой инфраструктуры, поскольку их недостаточное развитие может увеличивать фактическую стоимость проекта и ограничивать возможности использования отдельных технологий.

Ожидаемый эффект цифровизации для казахстанских предприятий АПК целесообразно связывать прежде всего с решением конкретных производственных и управленческих проблем: сокращением трудозатрат и продолжительности операций, снижением производственных потерь, повышением эффективности использования техники и других ресурсов, улучшением контроля производственных процессов и оперативности принятия решений. При ограниченных инвестиционных возможностях приоритет следует отдавать инициативам, для которых ожидаемый результат может быть предварительно оценен, а после пилотного внедрения — подтвержден фактическими показателями.

Состав показателей экономической оценки может изменяться в зависимости от масштаба и сложности цифровой инициативы.

Таблица 6.6 – Основные параметры экономической оценки цифровых инициатив

Направление оценки	Основные параметры
Затраты	Оборудование и ПО, интеграция, связь и инфраструктура, обучение, обслуживание и обновление
Ожидаемый эффект	Экономия труда и времени, снижение потерь и затрат, повышение производительности и эффективности использования ресурсов
Финансовая доступность	Собственные средства, заемное финансирование, лизинг, доступные инструменты поддержки
Масштаб внедрения	Соответствие стоимости проекта размеру предприятия и его финансовым возможностям
Территориальные условия	Доступность связи, сервисного обслуживания и цифровой инфраструктуры
Оценка эффективности	Экономия затрат, срок окупаемости, рентабельность инвестиций; для крупных проектов — NPV и IRR
Риски	Рост стоимости проекта, инфраструктурные ограничения, недостаток компетенций, недостижение планируемого эффекта

Для небольших проектов достаточным может быть сопоставление затрат, ожидаемой экономии и срока окупаемости, тогда как крупные инвестиционные проекты требуют применения расширенного набора показателей инвестиционной эффективности. Приоритет следует отдавать инициативам, для которых ожидаемый эффект может быть количественно определен и впоследствии подтвержден фактическими результатами.

Кадровое и организационное сопровождение цифровой трансформации предприятий АПК Казахстана

Одним из ключевых условий цифровой трансформации агропромышленных предприятий Казахстана является готовность персонала к работе в изменяющейся цифровой среде. Для предприятий АПК данная задача имеет особое значение, поскольку внедрение цифровых решений требует сочетания отраслевых знаний с навыками работы с информационными системами, данными и автоматизированными процессами. Поэтому кадровое сопровождение должно осуществляться одновременно с технологическими и процессными изменениями.

Подготовку персонала целесообразно организовывать дифференцированно. Руководителям необходимы компетенции в области оценки цифровых инициатив, управления изменениями и принятия решений на основе данных; специалистам — навыки использования отраслевых информационных систем и аналитических инструментов; работникам производственных подразделений — практические навыки эксплуатации конкретных цифровых решений. При этом обучение рекомендуется связывать непосредственно с изменениями функций

работников в моделях ТО-ВЕ, а не проводить изолированно от трансформируемых бизнес-процессов.

Для казахстанских предприятий, не располагающих собственными специалистами необходимого профиля, перспективным является взаимодействие с вузами, научными организациями, отраслевыми экспертами и поставщиками цифровых решений. Такое сотрудничество может включать краткосрочное обучение, консультационное сопровождение, совместную разработку и апробацию цифровых решений, что особенно актуально для малых и средних предприятий АПК.

Организационное сопровождение предполагает закрепление ответственности за цифровую трансформацию на уровне руководства предприятия и определение ответственных за отдельные проекты и бизнес-процессы. При этом создание самостоятельного специализированного подразделения не является обязательным для каждого предприятия. Для малых и средних хозяйств более рациональным может быть формирование временных проектных команд и привлечение внешних специалистов, тогда как на крупных предприятиях целесообразна постоянная координация цифровых проектов в рамках соответствующего структурного подразделения.

Мониторинг и оценка результатов цифровой трансформации предприятий АПК Казахстана

Практическая реализация цифровой трансформации требует регулярной оценки достигнутых результатов. Для агропромышленных предприятий Казахстана система мониторинга должна учитывать не только факт внедрения цифровых технологий, но прежде всего изменения в эффективности бизнес-процессов и деятельности предприятия. Количество приобретенного оборудования, внедренных программ или автоматизированных операций само по себе не характеризует результативность цифровой трансформации.

Оценку целесообразно проводить путем сопоставления показателей до и после реализации цифровой инициативы. Исходные значения фиксируются на этапе диагностики и моделирования AS-IS, целевые — при проектировании ТО-ВЕ, а фактические — после пилотного внедрения и последующего масштабирования. Такой подход позволяет определить отклонение фактических результатов от запланированных и установить необходимость корректировки цифрового решения.

С учетом специфики предприятий АПК Казахстана показатели мониторинга целесообразно объединить в несколько групп: процессные, экономические, цифровые, кадровые и стратегические. При этом конкретный набор КРІ должен зависеть от специализации предприятия и содержания реализуемого проекта. Например, для производственного процесса приоритетными могут быть продолжительность операций,

трудозатраты, простои и потери ресурсов, тогда как для управленческого процесса — скорость получения информации, качество данных и продолжительность принятия решений.

Особое значение имеет динамический характер оценки. В сельскохозяйственном производстве результаты могут зависеть от сезонности, природно-климатических условий и производственного цикла, поэтому краткосрочное улучшение показателей не всегда позволяет однозначно определить устойчивость полученного эффекта. Мониторинг рекомендуется проводить на протяжении периода, достаточного для учета соответствующего производственного цикла, с последующим уточнением целевых показателей.

Таблица 6.7 – Рекомендуемые показатели мониторинга цифровой трансформации предприятий АПК Казахстана

Группа показателей	Примеры показателей
Процессные	продолжительность процесса; трудоемкость; доля ручных операций; количество ошибок и отклонений; простои
Экономические	затраты на выполнение процесса; экономия ресурсов; производительность труда; срок окупаемости цифрового проекта
Цифровые	доля цифровизированных процессов; степень интеграции информационных систем; полнота и доступность цифровых данных
Кадровые	доля работников, прошедших обучение; уровень освоения цифровых инструментов; готовность персонала к новым функциям
Стратегические	достижение целей цифровых проектов; расширение возможностей взаимодействия с партнерами и потребителями; повышение адаптивности предприятия

Источник: составлено авторами.

Предлагаемая система показателей может адаптироваться к отраслевой специализации и масштабу конкретного предприятия. Ее основное назначение состоит в обеспечении обратной связи между запланированными и фактически достигнутыми результатами цифровой трансформации. Выявленные отклонения должны служить основанием для корректировки цифровых решений, бизнес-процессов, ресурсного обеспечения и последующих этапов дорожной карты.

Риски и ограничения цифровой трансформации предприятий АПК Казахстана

Цифровая трансформация предприятий АПК Казахстана осуществляется в условиях, существенно различающихся по регионам, масштабам хозяйств и доступности необходимых ресурсов. Территориальная протяженность страны, удаленность значительной части сельскохозяйственных производителей от крупных городов и сервисных

центров, различия в обеспеченности цифровой инфраструктурой и квалифицированными кадрами формируют ограничения, которые необходимо учитывать при выборе и внедрении цифровых решений. В результате технологии, эффективные для крупного агропромышленного предприятия с развитой инфраструктурой, не всегда могут быть непосредственно применены в небольшом или территориально удаленном хозяйстве.

Одним из наиболее значимых ограничений является территориально-инфраструктурный фактор. Производственные объекты сельскохозяйственных предприятий Казахстана могут располагаться на значительном расстоянии друг от друга, а поля, пастбища, животноводческие объекты и складская инфраструктура — вне населенных пунктов. Для цифровых решений, основанных на постоянном сборе и передаче данных, дистанционном мониторинге и интеграции оборудования с информационными системами, устойчивость каналов связи становится одним из условий их практической применимости. Поэтому предварительная оценка цифровой инфраструктуры должна предшествовать выбору технологического решения, а при ее ограниченности необходимо предусматривать возможность автономной работы оборудования и последующей синхронизации данных.

Другой особенностью является неоднородность структуры сельскохозяйственных производителей Казахстана. Наряду с крупными агропромышленными предприятиями функционирует значительное количество крестьянских и фермерских хозяйств, располагающих существенно меньшими финансовыми и кадровыми возможностями. Это ограничивает применение единого подхода к цифровой трансформации. Для крупных предприятий экономически оправданными могут быть комплексная автоматизация, интеграция информационных систем и создание единой среды данных, тогда как для малых хозяйств более реалистичным является последовательное внедрение отдельных доступных решений, ориентированных на наиболее проблемные процессы. Следовательно, масштаб цифрового проекта должен соответствовать не только технологическим потребностям, но и экономическим возможностям конкретного хозяйства.

Специфика Казахстана проявляется также в природно-климатической и производственной неоднородности регионов. Условия ведения сельского хозяйства в северных зернопроизводящих регионах, животноводческих районах западной части страны и орошаемом земледелии южных регионов существенно различаются. Соответственно, различаются и приоритеты цифровизации. Для растениеводческих предприятий больший практический интерес могут представлять мониторинг состояния посевов, управление сельскохозяйственной техникой и использование пространственных данных; для

животноводческих хозяйств - идентификация и мониторинг животных, контроль кормления, продуктивности и состояния производственных процессов; для предприятий переработки — автоматизация производственного учета, контроль качества, прослеживаемость и управление материальными потоками. Это означает, что единый перечень рекомендуемых цифровых технологий для всего АПК Казахстана был бы методически необоснованным.

Существенным ограничением остается финансовая доступность цифровых решений. Помимо первоначальной стоимости оборудования и программного обеспечения предприятие несет затраты на интеграцию, настройку, обучение работников, техническое обслуживание, обновление и связь. Для удаленных хозяйств дополнительные расходы могут возникать вследствие необходимости привлечения специалистов из региональных центров. При использовании зарубежного оборудования и программных решений необходимо также учитывать зависимость стоимости проекта и последующего обслуживания от внешних поставщиков. В этих условиях особое значение приобретают пилотирование, поэтапное финансирование и оценка ожидаемого эффекта до масштабного внедрения.

Отдельной проблемой является кадровое обеспечение цифровой трансформации. В сельских территориях возможности привлечения специалистов, одновременно обладающих знаниями аграрного производства и цифровыми компетенциями, могут быть ограничены. При этом результативность цифровизации зависит не только от наличия ИТ-специалиста, но и от способности агрономов, зоотехников, экономистов, инженеров и руководителей использовать цифровые данные в своей профессиональной деятельности. Поэтому для предприятий АПК Казахстана целесообразно сочетать внутреннее обучение работников с привлечением внешних компетенций вузов, научных организаций, технологических компаний и отраслевых экспертов.

Значимым является и риск фрагментарной цифровизации. При последовательном приобретении различных программных продуктов и оборудования без единой архитектуры предприятие может сформировать совокупность автономных решений, данные которых не взаимодействуют между собой. В результате сохраняются повторный ввод информации, ручной перенос данных и информационные разрывы между производственными и управленческими процессами. Для казахстанских предприятий, находящихся на начальной и развивающей траекториях цифровой трансформации, поэтому особенно важно оценивать возможность интеграции приобретаемых решений и избегать технологической зависимости от несовместимых систем.

Наконец, цифровая трансформация предприятий АПК Казахстана должна учитывать сезонность и повышенную зависимость

сельскохозяйственного производства от внешних условий. Апробация цифрового решения в течение короткого периода не всегда позволяет достоверно оценить его результативность. Для сезонных процессов фактический эффект целесообразно оценивать по завершении соответствующего производственного цикла, сопоставляя результаты не только с плановыми показателями, но и с условиями, в которых они были получены. Это особенно важно при интерпретации экономических результатов цифровизации, поскольку изменение производительности или затрат может быть обусловлено одновременно цифровыми преобразованиями и природно-климатическими факторами.

Таким образом, основным требованием к цифровой трансформации АПК Казахстана является не максимальная технологическая насыщенность предприятия, а соответствие цифровых решений его территориальным, производственным, инфраструктурным, кадровым и финансовым условиям. Учет данных факторов на этапе диагностики позволяет сформировать реалистичную траекторию преобразований и снизить риск внедрения решений, не обеспечивающих ожидаемого практического эффекта.

Институциональная поддержка цифровой трансформации предприятий АПК Казахстана

Реализация цифровой трансформации предприятий АПК Казахстана зависит не только от внутренних возможностей хозяйств, но и от сформированности внешней институциональной среды. Особенно значима такая поддержка для малых и средних сельскохозяйственных производителей, возможности которых по самостоятельному финансированию цифровых проектов, привлечению квалифицированных специалистов и оценке технологических решений ограничены.

Ключевая роль государства заключается в создании условий, снижающих барьеры цифровой трансформации. К таким условиям относятся развитие цифровой инфраструктуры сельских территорий, совершенствование механизмов поддержки технологической модернизации, стимулирование внедрения экономически обоснованных цифровых решений и обеспечение доступности соответствующих информационных ресурсов. При этом меры поддержки целесообразно ориентировать не на приобретение технологий как таковых, а на проекты, предусматривающие конкретные изменения бизнес-процессов и измеримые результаты.

Для Казахстана особое значение имеет региональный уровень поддержки, поскольку условия ведения сельского хозяйства и возможности предприятий существенно различаются между областями. Региональные структуры могут содействовать выявлению потребностей сельхозпроизводителей, организации пилотных проектов, взаимодействию

предприятий с разработчиками цифровых решений, научными организациями и образовательными учреждениями. Такой подход позволяет учитывать отраслевую специализацию конкретной территории и реальные проблемы ее предприятий.

Важным элементом институциональной среды являются аграрные и технические вузы и научно-исследовательские организации Казахстана. Их участие целесообразно расширять от традиционной подготовки кадров к совместной диагностике бизнес-процессов, разработке и апробации цифровых моделей, оценке эффективности внедряемых решений и повышению квалификации работников предприятий. Университет в данном случае может выступать связующим звеном между сельхозпроизводителем, разработчиком технологии и научно-методическим сопровождением цифровой трансформации.

Поставщики цифровых решений, отраслевые объединения и предприятия также должны быть включены в систему взаимодействия. Для сельхозпроизводителя важна не только возможность приобрести технологию, но и получить ее адаптацию к конкретным производственным условиям, обучение персонала, техническое сопровождение и возможность последующего развития решения. Поэтому перспективной формой реализации цифровых инициатив для АПК Казахстана является партнерская модель, объединяющая предприятие, технологического поставщика, научно-образовательную организацию и при необходимости институты финансовой и государственной поддержки.

Таким образом, институциональная поддержка должна формировать условия, при которых предприятие получает доступ не только к финансовым ресурсам, но и к технологиям, компетенциям и экспертному сопровождению. Это особенно важно для сокращения разрыва в возможностях цифровой трансформации между крупными агропромышленными предприятиями и малыми и средними хозяйствами Казахстана (рис. 6.3).

Представленная схема показывает, что цифровая трансформация предприятий АПК Казахстана требует взаимодействия участников, располагающих различными ресурсами и компетенциями. Предприятие выступает центральным субъектом преобразований, тогда как государственные и региональные органы формируют институциональные и инфраструктурные условия, финансовые институты обеспечивают доступ к источникам финансирования, вузы и научные организации — научно-методическое и кадровое сопровождение, а поставщики цифровых решений — технологическую реализацию и сервисную поддержку.

Для Казахстана развитие такого взаимодействия особенно важно с учетом территориальной удаленности части сельхозпроизводителей и различий в их финансовых, кадровых и технологических возможностях. Кооперация участников позволяет снизить барьеры доступа предприятий к

цифровым технологиям и компетенциям и создать условия для реализации цифровых проектов с учетом отраслевой и региональной специфики АПК.



Рис. 6.3 - Модель институционального взаимодействия участников цифровой трансформации АПК Казахстана

Источник: составлено авторами.

Практическая оценка и выбор цифровых инициатив для предприятий АПК Казахстана

Для практического применения предложенной дорожной карты агропромышленному предприятию необходимо не только определить проблемные бизнес-процессы, но и выбрать цифровые инициативы, которые целесообразно реализовывать в первую очередь. Для предприятий АПК Казахстана данная задача особенно актуальна вследствие ограниченности инвестиционных ресурсов части сельхозпроизводителей и различий в доступности цифровой инфраструктуры, кадров и сервисного сопровождения.

Для предварительного отбора цифровых инициатив предлагается использовать многокритериальную оценку, учитывающую одновременно ожидаемый эффект и реализуемость проекта. Такой подход позволяет избежать ситуации, когда решение выбирается исключительно по технологической привлекательности без учета его стоимости, инфраструктурных требований и готовности предприятия к внедрению.

Интегральная оценка цифровой инициативы определяется по формуле:

$$I_j = \sum (w_i \times b_{ij}) \quad (6.1)$$

где I_j — интегральная оценка j-й цифровой инициативы;

w_i - вес i-го критерия;

b_{ij} - балльная оценка j-й инициативы по i-му критерию; $\sum w_i = 1$.

Оценивание предлагается осуществлять по пятибалльной шкале, где 1 балл соответствует минимальному, а 5 баллов - максимальному уровню соответствия критерию. Для критериев, характеризующих затраты и сложность внедрения, более высокий балл присваивается инициативам с большей финансовой и организационной доступностью.

Таблица 6.9 – Критерии предварительной оценки цифровых инициатив для предприятий АПК Казахстана

Критерий	Вес	Содержание оценки
Ожидаемый операционный эффект	0,25	Возможность сокращения времени, трудозатрат, потерь и ошибок
Экономический эффект	0,20	Потенциал снижения затрат и повышения производительности
Финансовая доступность	0,15	Соответствие необходимых инвестиций возможностям предприятия
Технологическая реализуемость	0,15	Возможность интеграции решения с имеющейся инфраструктурой
Кадровая готовность	0,10	Наличие необходимых компетенций либо возможность их формирования
Соответствие условиям предприятия	0,15	Учет специализации, масштаба и территориальных условий
Итого	1,00	—

Источник: разработано авторами.

Рассмотрим применение предложенного подхода на условном примере сельскохозяйственного предприятия Казахстана, осуществляющего производственную деятельность в условиях территориальной распределенности объектов. На основании предварительной диагностики рассматриваются три возможные инициативы: цифровой мониторинг производственных операций, интеграция производственного и управленческого учета и внедрение расширенной аналитической системы. Приведенные оценки имеют иллюстративный характер и предназначены для демонстрации порядка применения предлагаемой методики.

Таблица 6.10 – Пример многокритериальной оценки цифровых инициатив

Критерий	Вес	Цифровой мониторинг	Интеграция учета	Расширенная аналитика
Операционный эффект	0,25	5	4	3
Экономический эффект	0,20	4	4	4
Финансовая доступность	0,15	4	3	2
Технологическая реализуемость	0,15	4	4	2
Кадровая готовность	0,10	4	3	2
Соответствие условиям предприятия	0,15	5	4	3
Интегральная оценка	1,00	4,40	3,75	2,75

Источник: расчет авторов; значения приведены в иллюстративных целях.

$$I_1 = 5 \times 0,25 + 4 \times 0,20 + 4 \times 0,15 + 4 \times 0,15 + 4 \times 0,10 + 5 \times 0,15 = 4,4$$

Аналогично:

$$I_2 = 3,75;$$

$$I_3 = 2,75.$$

В приведенном примере наибольшую интегральную оценку получает цифровой мониторинг производственных операций - 4,40 балла из 5 возможных. Интеграция производственного и управленческого учета получает 3,75 балла, а внедрение расширенной аналитики — 2,75 балла. Полученный результат не означает отказа от инициатив с более низкой оценкой, а определяет рекомендуемую последовательность их реализации с учетом текущего состояния предприятия.

Для предприятия, находящегося на начальной или развивающей траектории цифровой трансформации, преждевременное внедрение сложной аналитической системы может не обеспечить ожидаемого результата при отсутствии достаточного объема качественных данных, интегрированных информационных систем и соответствующих компетенций персонала. Поэтому первоначально целесообразно сформировать цифровую основу и обеспечить накопление данных, после чего переходить к более сложным аналитическим решениям. Для интерпретации результатов оценки цифровых инициатив предлагается дополнительно использовать матрицу приоритизации, основанную на сопоставлении двух параметров — ожидаемого эффекта и реализуемости. Такой подход позволяет определить не только привлекательность цифровой инициативы, но и готовность предприятия к ее практической реализации с учетом финансовых, кадровых, технологических и инфраструктурных возможностей. Матрица приоритизации цифровых инициатив представлена на рисунке 6.4.



Рисунок 6.4 — Матрица приоритизации цифровых инициатив

По вертикальной оси — ожидаемый эффект, по горизонтальной — реализуемость.

Использование матрицы позволяет дополнить интегральную балльную оценку визуальным распределением инициатив по двум ключевым параметрам — ожидаемому эффекту и реализуемости. В первую очередь рекомендуется реализовывать проекты, одновременно характеризующиеся высоким ожидаемым эффектом и достаточной готовностью предприятия к внедрению. Инициативы с высоким потенциалом, но низкой текущей реализуемостью не исключаются из дорожной карты, однако требуют предварительного формирования необходимых финансовых, инфраструктурных, кадровых или информационных условий.

Такой подход особенно применим для предприятий АПК Казахстана, поскольку позволяет учитывать неодинаковую готовность хозяйств к использованию сложных цифровых технологий. Одно и то же решение может относиться к первоочередным для крупного предприятия с развитой инфраструктурой и одновременно требовать предварительной подготовки для небольшого территориально удаленного хозяйства.

Связь цифровой инициативы с фактическим экономическим результатом

Применение расчетного подхода к трансформации бизнес-процесса

Практическая значимость предварительной оценки цифровых инициатив подтверждается результатами проведенного в исследовании моделирования бизнес-процесса молочно-товарной фермы. Для

исследуемого процесса переход от модели AS-IS к проектируемому состоянию TO-BE сопровождался сокращением расчетной средней продолжительности одного цикла с 5 ч 16 мин 57 с до 2 ч 57 мин 22 с. Относительное изменение составило:

$$\Delta T = ((2:57:22 - 5:16:57) / 5:16:57) \times 100 \% = -43,8 \%$$

Расчетная стоимость выполнения одного цикла при заданных параметрах модели снизилась с 10 890,92 до 7 016,02 тенге:

$$\Delta C = ((7\,016,02 - 10\,890,92) / 10\,890,92) \times 100 \% = -35,6 \%$$

Полученные показатели характеризуют ожидаемый эффект перепроектирования процесса при принятых параметрах имитационной модели и не должны интерпретироваться как фактически достигнутая экономия после промышленного внедрения. Однако такой расчет позволяет еще до инвестирования сопоставить состояние AS-IS и проектируемое состояние TO-BE и использовать количественную оценку в качестве одного из оснований для принятия решения о пилотном внедрении.

Таблица 6.11 - Результаты сравнительной оценки AS-IS и TO-BE исследуемого бизнес-процесса

Показатель	AS-IS	TO-BE	Изменение
Средняя продолжительность цикла	5:16:57	2:57:22	–43,8 %
Расчетная стоимость цикла, тенге	10 890,92	7 016,02	–35,6 %
Характер выполнения отдельных операций	Преимущественно ручной	Частичная автоматизация и выполнение отдельных операций по отклонению	Снижение доли ручных операций
Использование данных	Ограниченное	Расширенное использование данных для контроля процесса	Повышение информационной обеспеченности

Источник: рассчитано авторами по результатам имитационного моделирования.

Таким образом, практическая реализация цифровой трансформации предприятий АПК Казахстана должна основываться на сочетании единой последовательности преобразований и дифференцированного выбора конкретных цифровых решений. Предложенная дорожная карта определяет этапность преобразований, дифференцированные траектории учитывают исходный уровень готовности предприятий, а система приоритизации позволяет выбирать бизнес-процессы и цифровые инициативы с учетом ожидаемого эффекта и ресурсной реализуемости.

Особое значение для казахстанских условий имеют поэтапность внедрения, предварительное экономическое обоснование, развитие кадровых компетенций, учет территориальных и инфраструктурных ограничений и взаимодействие предприятий с государственными, научно-образовательными, финансовыми и технологическими организациями. При этом цифровая трансформация должна оцениваться не количеством внедренных технологий, а изменением конкретных процессных, экономических и стратегических показателей деятельности предприятия.

Предлагаемый подход обеспечивает переход от фрагментарного внедрения цифровых решений к управляемой последовательности преобразований: диагностика исходного состояния → выбор приоритетного бизнес-процесса → моделирование AS-IS и TO-BE → оценка ожидаемого эффекта → отбор и экономическое обоснование цифровой инициативы → пилотное внедрение → оценка фактических результатов → масштабирование. Такая последовательность позволяет адаптировать цифровую трансформацию к различиям предприятий АПК Казахстана и формировать индивидуальные траектории их цифрового развития.

Выводы по главе 6

1. Обоснована необходимость перехода от фрагментарной цифровизации агропромышленных предприятий Казахстана к комплексной цифровой трансформации, охватывающей не только внедрение технологий, но и изменение организационных способностей, бизнес-процессов и бизнес-модели предприятия. Установлено, что технологические решения создают потенциал преобразований, однако получение операционных, экономических и стратегических результатов зависит от способности предприятия интегрировать их в процессы управления и производства.

2. Разработана концептуальная модель цифровой трансформации агропромышленных предприятий Республики Казахстан, объединяющая условия и драйверы преобразований, цифровые ресурсы и технологии, организационные способности, трансформацию бизнес-процессов и бизнес-модели, а также результаты цифровой трансформации. В модели предусмотрен контур обратной связи, обеспечивающий оценку достигнутых эффектов, корректировку принимаемых решений и непрерывность цифровых преобразований.

3. Предложен организационно-экономический механизм реализации цифровой трансформации, включающий субъектно-организационный, ресурсный, инструментальный и контрольно-результативный блоки. Определена последовательность его реализации: диагностика и анализ → приоритизация направлений → проектирование решений →

финансирование → внедрение → оценка результатов. Взаимодействие указанных блоков обеспечивает согласование цифровых инициатив с ресурсными возможностями и стратегическими задачами предприятия.

4. Разработана дорожная карта цифровой трансформации предприятий АПК Казахстана, предусматривающая последовательный переход от диагностики исходного состояния к пилотному внедрению, масштабированию и непрерывному мониторингу результатов. С учетом неоднородности сельхозпроизводителей предложены начальная, развивающая и интегрированная траектории цифровой трансформации, различающиеся глубиной преобразований, требованиями к ресурсам и характером применяемых цифровых решений.

5. Предложен подход к приоритизации бизнес-процессов и цифровых инициатив, учитывающий стратегическую значимость процесса, его трудоемкость и продолжительность, уровень затрат и потерь, наличие информационных разрывов, потенциал автоматизации, ожидаемый эффект и ресурсную реализуемость. Для выбора цифровых инициатив разработана многокритериальная оценка и матрица «ожидаемый эффект – реализуемость», позволяющие определить очередность цифровых проектов с учетом финансовых, технологических, кадровых и инфраструктурных возможностей предприятия.

6. Определены особенности практической реализации цифровой трансформации в условиях АПК Казахстана. К наиболее значимым факторам отнесены территориальная распределенность производственных объектов, неоднородность сельхозпроизводителей по масштабам и ресурсным возможностям, различия в доступности цифровой инфраструктуры и квалифицированных кадров, природно-климатическая и производственная специфика регионов. Обоснована необходимость институционального взаимодействия предприятий с государственными и региональными органами, финансовыми институтами, вузами и научными организациями, поставщиками цифровых решений и отраслевыми объединениями.

7. Обоснована необходимость предварительной количественной оценки цифровых преобразований до их масштабного внедрения. На примере исследуемого бизнес-процесса молочно-товарной фермы установлено, что при заданных параметрах имитационной модели переход от AS-IS к TO-BE позволяет сократить расчетную среднюю продолжительность цикла на 43,8 %, а его стоимость — на 35,6 %. Полученные значения характеризуют ожидаемый эффект проектируемых изменений и подтверждают целесообразность последовательности «моделирование → экономическая оценка → пилотирование → оценка фактических результатов → масштабирование».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволило комплексно рассмотреть цифровую трансформацию агропромышленных предприятий как процесс взаимосвязанных технологических, организационных, процессных и экономических преобразований. Полученные результаты показывают, что цифровизация АПК не должна сводиться к приобретению и внедрению отдельных информационных систем, оборудования или программных продуктов. Ее содержание определяется изменением способов организации и выполнения бизнес-процессов, использования данных, распределения функций и ответственности, принятия управленческих решений и формирования ценности.

В качестве базового объекта цифровой трансформации в монографии обоснован бизнес-процесс. Такой подход позволяет представить деятельность агропромышленного предприятия как систему взаимосвязанных основных, обеспечивающих и управленческих процессов и определить конкретные точки, в которых применение цифровых технологий способно изменить временные, ресурсные, информационные и организационные характеристики деятельности. Особое значение процессный подход приобретает применительно к АПК, где производственные и управленческие процессы непосредственно связаны с биологическими циклами, сезонностью, природно-климатическими условиями, территориальной распределенностью объектов и необходимостью координации значительного количества участников и ресурсов.

Исследование методологии моделирования показало, что формализованное представление бизнес-процессов является необходимым условием обоснованного проектирования цифровых преобразований. Рассмотренные методологии SADT, BPMN и ARIS обладают различными аналитическими возможностями и могут применяться в зависимости от задач исследования. Использование специализированного программного инструментария позволяет объединить процессные модели с организационной структурой, ресурсами, информационными потоками, показателями и ответственностью участников. В рамках исследования в качестве основного инструмента практического моделирования использован Business Studio, обеспечивший формирование целостной архитектуры исследуемых процессов и основу для последующего построения их цифровых моделей.

Анализ международного опыта подтвердил общий переход от локальной автоматизации отдельных операций к интеграции производственных, информационных и управленческих процессов. Рассмотренные практики России, стран Восточной Европы и Республики Корея показали различия в институциональных условиях, используемых

технологиях и механизмах цифровой трансформации, однако позволили выявить ряд общих закономерностей: процессную ориентацию преобразований, интеграцию данных, поэтапность внедрения, предварительное пилотирование цифровых решений и развитие соответствующей инфраструктуры и компетенций. Установлено, что прямой перенос зарубежных моделей в казахстанские условия нецелесообразен. Их адаптация должна учитывать состояние конкретных бизнес-процессов, цифровую зрелость предприятий, отраслевую специализацию, инфраструктурные ограничения и ресурсные возможности сельхозпроизводителей.

Эмпирическое исследование факторов цифровой трансформации позволило уточнить механизм влияния цифровых технологий на изменение бизнес-модели агропродовольственных предприятий Казахстана. Количественные результаты показали неодинаковое влияние исследуемых факторов на отдельные компоненты бизнес-модели. В частности, цифровая трансформация продемонстрировала положительную связь с созданием ценности ($\beta=0,246$), использование искусственного интеллекта — с доставкой ценности ($\beta=0,487$) и особенно с извлечением ценности ($\beta=0,674$), а рыночная ориентация — с доставкой ценности ($\beta=0,180$). Сформированная модель объясняет существенную часть вариации трансформации бизнес-модели ($R^2=0,546$; скорректированный $R^2=0,508$). Тем самым подтверждается, что результат цифровизации проявляется неодинаково в различных элементах деятельности предприятия и не может быть адекватно представлен одним обобщенным показателем.

Одним из основных прикладных результатов исследования стала разработка методологии бизнес-моделирования цифровой трансформации, объединяющей системный, процессный и имитационный подходы. Предложенная последовательность предусматривает определение границ исследуемой системы, сбор и верификацию исходных данных, формализацию и параметризацию процессов, построение моделей AS-IS, выявление ограничений, проектирование цифровых преобразований, формирование моделей TO-BE и проведение имитационного эксперимента. Тем самым цифровая трансформация рассматривается не как внедрение технологии само по себе, а как обоснованное изменение конкретных операций, ресурсов, информационных потоков и механизмов управления.

Практическая апробация методологии осуществлена на комплексе производственных бизнес-процессов молочно-товарной фермы. Разработаны и исследованы цифровые модели процессов разработки схемы кормления, кормления нескольких групп животных, уборки помещений содержания животных, подготовки к доению, непосредственно процесса доения, выгонки животных после доения и ежедневного обхода.

Сопоставление моделей AS-IS и TO-BE позволило выявить процессы, в которых цифровые преобразования обеспечивают наиболее значительные потенциальные изменения, а также процессы, эффект которых ограничивается технологическими особенностями их выполнения.

Результаты имитационного моделирования показали существенную дифференциацию ожидаемых эффектов. Так, расчетное сокращение продолжительности процесса «Разработка схемы для кормов» составило 97,9 %, «Подготовка к доению» — 84,5 %, «Ежедневные обходы» — 82,3 %, «Кормление на несколько групп» — 73,1 %, «Процесс доения» — 56,2 %. При этом для процесса «Выгонка животных с доения» изменение составило лишь 2,5 %, что демонстрирует отсутствие универсального эффекта цифровизации для различных процессов. Аналогичная дифференциация выявлена по стоимостным характеристикам: наиболее существенное расчетное снижение стоимости наблюдалось в процессах разработки схемы кормления и ежедневных обходов, тогда как в процессах, в значительной степени обусловленных физическими и технологическими операциями, эффект был более ограниченным.

Полученные результаты имеют важное методическое значение. Они показывают, что целесообразность цифровой трансформации необходимо оценивать на уровне конкретных бизнес-процессов, а ожидаемый эффект — определять до масштабного внедрения цифрового решения. Разработанная цифровая процессная модель позволяет сопоставлять исходное и проектируемое состояние, устанавливать источники ожидаемого эффекта и выявлять процессы, цифровизация которых имеет первоочередное значение. При этом результаты имитационного моделирования характеризуют ожидаемые эффекты при заданных параметрах модели и не должны отождествляться с фактически достигнутыми производственными или экономическими результатами без последующей проверки в реальных условиях эксплуатации.

На основе теоретических, международных, эмпирических и модельных результатов сформирована концептуальная модель цифровой трансформации агропромышленных предприятий Республики Казахстан. В ней объединены внешние и внутренние драйверы преобразований, цифровые ресурсы и технологии, организационные способности, трансформация бизнес-процессов, изменение бизнес-модели и формирование операционных, экономических и стратегических результатов. Принципиальным положением модели является опосредованный характер влияния технологий: цифровые ресурсы создают возможности для преобразований, однако их практическая реализация происходит через развитие организационных способностей и перепроектирование бизнес-процессов.

Для практической реализации концептуальной модели разработан организационно-экономический механизм цифровой трансформации

агропромышленных предприятий Казахстана, объединяющий субъектно-организационный, ресурсный, инструментальный и контрольно-результативный блоки. Предложенная последовательность включает диагностику исходного состояния, определение приоритетов, проектирование цифровых решений, экономическое обоснование и финансирование, внедрение, мониторинг и оценку результатов. Контур обратной связи обеспечивает возможность корректировки решений и формирует циклический характер цифровой трансформации.

Учитывая значительную неоднородность агропромышленного сектора Казахстана, обоснована необходимость дифференцированного подхода к реализации цифровых преобразований. Предложены начальная, развивающая и интегрированная траектории цифровой трансформации, различающиеся исходным состоянием предприятия, глубиной преобразований, характером используемых цифровых решений и требованиями к ресурсам. Такой подход позволяет учитывать различия между крупными агропромышленными предприятиями и малыми и средними хозяйствами, региональную и отраслевую специализацию, территориальную удаленность производственных объектов, доступность связи и сервисного обслуживания, кадровые и финансовые возможности.

Для практической реализации предложенных положений разработана дорожная карта цифровой трансформации, предусматривающая последовательный переход от диагностики и приоритизации к проектированию, экономическому обоснованию, пилотному внедрению, масштабированию и постоянному мониторингу. Предложены критерии выбора приоритетных бизнес-процессов и многокритериальная оценка цифровых инициатив, учитывающая ожидаемый операционный и экономический эффект, финансовую доступность, технологическую реализуемость, кадровую готовность и соответствие решения условиям конкретного предприятия. Дополняющая ее матрица «ожидаемый эффект – реализуемость» позволяет разграничить первоочередные проекты, инициативы, требующие предварительной подготовки и пилотирования, и решения, реализацию которых целесообразно отложить.

Для условий Казахстана особое значение имеет институциональное сопровождение цифровой трансформации. Территориальная протяженность страны, неоднородность сельхозпроизводителей, различия регионов по специализации и инфраструктурной обеспеченности, ограниченность кадровых и финансовых возможностей части хозяйств требуют взаимодействия предприятий с государственными и региональными органами, финансовыми институтами и институтами развития, вузами и научно-исследовательскими организациями, технологическими компаниями и отраслевыми объединениями. Такая модель взаимодействия позволяет объединить финансовые,

технологические, научные и кадровые ресурсы и создать условия для адаптации цифровых решений к конкретным производственным условиям.

В целом результаты исследования позволяют сформировать последовательную логику цифровой трансформации агропромышленного предприятия: диагностика текущего состояния → формализация бизнес-процессов AS-IS → выявление проблем и определение приоритетов → проектирование TO-BE → выбор и экономическое обоснование цифровых решений → предварительная количественная оценка → пилотное внедрение → оценка фактических результатов → масштабирование и дальнейшая корректировка. Такой подход обеспечивает переход от технологически ориентированной цифровизации к управляемому преобразованию бизнес-процессов, основанному на данных, измеримых результатах и экономической обоснованности принимаемых решений.

В результате проведенного исследования сформирован комплексный подход к цифровой трансформации агропромышленных предприятий, объединяющий теоретические положения, методы моделирования бизнес-процессов и практические инструменты реализации цифровых преобразований. Предложенный подход развивает процессное представление цифровой трансформации, в соответствии с которым выбор и внедрение цифровых технологий осуществляются исходя из состояния бизнес-процессов, выявленных ограничений и ожидаемых результатов их преобразования. Разработанные модели AS-IS и TO-BE, цифровая процессная модель, организационно-экономический механизм, инструменты приоритизации цифровых инициатив и дорожная карта формируют методическую основу для последовательного проектирования цифровых преобразований на предприятиях АПК Казахстана с учетом их производственной, организационной и ресурсной специфики.

Дальнейшее развитие предложенного подхода связано с расширением апробации на предприятиях различных отраслей и регионов АПК Казахстана, накоплением фактических данных о результатах внедрения цифровых решений и уточнением параметров моделей на основе реальной эксплуатации. Это позволит последовательно перейти от предварительной оценки ожидаемых эффектов к оценке устойчивых результатов цифровой трансформации в производственной среде и дальнейшему совершенствованию механизмов цифрового развития агропромышленного комплекса Республики Казахстан.

Список литературы

1. Amit R., Zott C. Creating value through business model innovation // MIT Sloan Management Review. – 2012. – Vol. 53, No. 3. – P. 41–49.
2. Brynjolfsson E. The productivity paradox of information technology // Communications of the ACM. – 1993. – Vol. 36, No. 12. – P. 66–77.
3. Brynjolfsson E., Hitt L. M. Beyond the productivity paradox // Communications of the ACM. – 1998. – Vol. 41, No. 8. – P. 49–55.
4. Brynjolfsson E., Hitt L. M. Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business performance // Journal of Economic Perspectives. – 2000. – Vol. 14, No. 4. – P. 23–48.
5. Cavazza A., Dal Mas F., Paoloni P., Manzo M. Artificial intelligence and new business models in agriculture: A structured literature review and future research agenda // British Food Journal. – 2023. – Vol. 125, No. 13. – P. 436–461. – DOI: 10.1108/BFJ-02-2023-0132.
6. Clauss T. Measuring business model innovation: Conceptualization, scale development, and proof of performance // R&D Management. – 2017. – Vol. 47, No. 3. – P. 385–403. – DOI: 10.1111/radm.12186.
7. Cohen W. M., Levinthal D. A. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation // Administrative Science Quarterly. – 1990. – Vol. 35, No. 1. – P. 128–152. – DOI: 10.2307/2393553.
8. Creswell J. W., Plano Clark V. L. Designing and conducting mixed methods research. – 3rd ed. – Thousand Oaks, CA : SAGE Publications, 2017.
9. Foss N. J., Saebi T. Fifteen years of research on business model innovation // Journal of Management. – 2017. – Vol. 43, No. 1. – P. 200–227. – DOI: 10.1177/0149206316675927.
10. Haitao C., Muangmee C., Meekaewkunchorn N., Sattabut T. Sustainable model of agricultural enterprises in the environment of digital transformation // Sarhad Journal of Agriculture. – 2025. – Vol. 41, No. 2. – P. 894–909. – DOI: 10.17582/journal.sja/2025/41.2.894.909.
11. Henderson J. C., Venkatraman N. Strategic alignment: Leveraging information technology for transforming organizations // IBM Systems Journal. – 1999. – Vol. 38, No. 2–3. – P. 472–484.
12. Kane G. C., Palmer D., Phillips A. N., Kiron D., Buckley N. Strategy, not technology, drives digital transformation. – MIT Sloan Management Review, 2015.
13. Kopbolsyn B., Jakupova A., Bazarova B., Ibyzhanova A., Abdesheva A., Tyumambayeva A., Duskaliyev A. Identifying opportunities to improve sustainable supply chains through digital transformation of transport and logistics infrastructure // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2025. – Vol. 5, No. 13 (137). – P. 62–71. – DOI: 10.15587/1729-4061.2025.337817.

14. Kraus S., Durst S., Ferreira J. J., Veiga P., Kailer N., Weinmann A. Digital transformation in business and management research: An overview of the current status quo // *International Journal of Information Management*. – 2022. – Vol. 63. – Art. 102466. – DOI: 10.1016/j.ijinfomgt.2021.102466.
15. Lehenchuk S., Zakharov D., Fedorova O., Horodyskyi M., Vavilov D. Digital transformation, research and development, and financial performance of agricultural companies // *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. – 2025. – Vol. 11, No. 3. – P. 46–70. – DOI: 10.51599/are.2025.11.03.02.
16. Milgrom P., Roberts J. The economics of modern manufacturing: Technology, strategy, and organization // *American Economic Review*. – 1990. – Vol. 80, No. 3. – P. 511–528.
17. Milgrom P., Roberts J. Complementarities and fit: Strategy, structure, and organizational change in manufacturing // *Journal of Accounting and Economics*. – 1995. – Vol. 19, No. 2–3. – P. 179–208.
18. Mikalef P., Krogstie J., Pappas I. O., Pavlou P. A. Exploring the relationship between big data analytics capability and competitive performance // *British Journal of Management*. – 2020. – DOI: 10.1016/j.im.2019.05.004.
19. Olubiyi T. O., Longe O. B., Susela Devi K. S., Sinha M. The effect of digital transformation capability on business model innovation in Industry 5.0: Evidence from Vietnamese small and medium enterprises // *Contemporary Issues in Entrepreneurship Research*. – 2025. – DOI: 10.1108/S2040-724620250000022013.
20. Rai A., Constantinides P., Sarker S. Editor's comments: Next-generation digital platforms: Toward human–AI hybrids // *MIS Quarterly*. – 2019. – Vol. 43, No. 1. – P. iii–ix. – DOI: 10.25300/MISQ/2019/431E0.
21. Rustenova E., Ibyzhanova A., Akhmetzhanova N., Talapbayeva G., Yerniyazova Z., Aidaraliyeva A. Strategic modeling of enterprise business processes for successful digital transformation // *Business, Management and Economics Engineering*. – 2025. – Vol. 23, No. 1. – P. 148–163. – DOI: 10.3846/bmee.2025.21587.
22. Shi L., Liu M. J. Digital transformation for business model change: Insights from a case study in China // *Asia Pacific Business Review*. – 2025. – P. 1–30. – DOI: 10.1080/13602381.2025.2578003.
23. Sjödin D., Parida V., Kohtamäki M. Artificial intelligence enabling circular business model innovation in digital servitization: Conceptualizing dynamic capabilities, AI capacities, business models and effects // *Technological Forecasting and Social Change*. – 2023. – Vol. 196. – Art. 122903. – DOI: 10.1016/j.techfore.2023.122903.
24. Sjödin D., Parida V., Palmié M., Wincent J. How AI capabilities enable business model innovation: Scaling AI through co-evolutionary processes

- and feedback loops // *Journal of Business Research*. – 2021. – Vol. 134. – P. 574–587. – DOI: 10.1016/j.jbusres.2021.05.009.
25. Teece D. J. Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of sustainable enterprise performance // *Strategic Management Journal*. – 2007. – Vol. 28, No. 13. – P. 1319–1350. – DOI: 10.1002/smj.640.
 26. Teece D. J. Business models, business strategy and innovation // *Long Range Planning*. – 2010. – Vol. 43, No. 2–3. – P. 172–194. – DOI: 10.1016/j.lrp.2009.07.003.
 27. Teece D. J. Business models and dynamic capabilities // *Long Range Planning*. – 2018. – Vol. 51, No. 1. – P. 40–49. – DOI: 10.1016/j.lrp.2017.06.007.
 28. Varbanova M., de Barcellos M. D., Kirova M., De Steur H., Gellynck X. Sustainably implementing Agriculture 4.0 in SME manufacturing companies in Eastern Europe: A case study from Bulgaria // *International Food and Agribusiness Management Review*. – 2025. – Vol. 28, No. 3. – P. 599–620. – DOI: 10.22434/ifamr.1267.
 29. Verhoef P. C., Broekhuizen T., Bart Y. et al. Digital transformation: A multidisciplinary reflection and research agenda // *Journal of Business Research*. – 2021. – Vol. 122. – P. 889–901. – DOI: 10.1016/j.jbusres.2019.09.022.
 30. Vial G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda // *Journal of Strategic Information Systems*. – 2019. – Vol. 28, No. 2. – P. 118–144. – DOI: 10.1016/j.jsis.2019.01.003.
 31. Volberda H. W., Khanagha S., Baden-Fuller C., Mihalache O. R., Birkinshaw J. Strategizing in a digital world: Overcoming cognitive barriers, reconfiguring routines and introducing new organizational forms // *Long Range Planning*. – 2021. – Vol. 54, No. 5. – Art. 102110. – DOI: 10.1016/j.lrp.2021.102110.
 32. Wang S., Zhang H. Leveraging generative artificial intelligence for sustainable business model innovation in production systems // *International Journal of Production Research*. – 2025. – DOI: 10.1080/00207543.2025.2485318.
 33. Warner K. S. R., Wäger M. Building dynamic capabilities for digital transformation: An ongoing process of strategic renewal // *Long Range Planning*. – 2019. – Vol. 52, No. 3. – P. 326–349. – DOI: 10.1016/j.lrp.2018.12.001.
 34. Yuan Y., Wu H., Shen Y. Achieve sustainable operation of agricultural enterprises: Improving agribusiness performance through digital transformation // *Frontiers in Sustainable Food Systems*. – 2025. – Vol. 9. – Art. 1547358. – DOI: 10.3389/fsufs.2025.1547358.

35. Zahra S. A., George G. Absorptive capacity: A review, reconceptualization, and extension // *Academy of Management Review*. – 2002. – Vol. 27, No. 2. – P. 185–203. – DOI: 10.5465/amr.2002.6587995.
36. Zare J., Persaud A. Digital transformation and business model innovation: A bibliometric analysis of existing research and future perspectives // *Management Review Quarterly*. – 2025. – DOI: 10.1007/s11301-024-00426-z.
37. Zott C., Amit R., Massa L. The business model: Recent developments and future research // *Journal of Management*. – 2011. – Vol. 37, No. 4. – P. 1019–
38. 1042. – DOI: 10.1177/0149206311406265.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Цифровая трансформация, искусственный интеллект и инновации бизнес-моделей в МСП агробизнеса Казахстана

Респонденты: собственник, директор, заместитель директора, операционный менеджер, руководитель по цифровизации или другой представитель высшего управленческого звена, обладающий знаниями о стратегии и деятельности предприятия.

Для большинства вопросов, отражающих восприятие респондентов, используется **5-балльная шкала Лайкерта**:

1 = Полностью не согласен

2 = Не согласен

3 = Нейтрально

4 = Согласен

5 = Полностью согласен

Для вопросов, характеризующих фактические сведения о предприятии, используются категориальные или числовые ответы.

Раздел А. Профиль предприятия

Эти переменные используются для описания выборки и анализа модулирующих эффектов.

А1. Возраст предприятия

Сколько лет работает ваше предприятие?

А2. Размер предприятия

Сколько сотрудников, работающих полный рабочий день, в настоящее время занято на вашем предприятии?

A. 1–9

B. 10–49

C. 50–99

D. 100–249

А3. Основная отраслевая специализация

Какой вариант лучше всего характеризует основную деятельность вашего предприятия?

A. Растениеводство

B. Животноводство

C. Смешанное сельское хозяйство

D. Переработка сельскохозяйственной и пищевой продукции

E. Другое [укажите]

А4. Форма собственности

A. Семейное предприятие

B. Частное предприятие, не являющееся семейным бизнесом

C. Кооператив

D. Другое [укажите]

A5. Основная рыночная ориентация

- A. Местный/региональный рынок
- B. Национальный рынок
- C. Экспортная ориентация
- D. Смешанная ориентация

A6. Должность респондента

- A. Собственник
- B. Директор/генеральный менеджер
- C. Операционный менеджер
- D. Менеджер по цифровизации/ИТ
- E. Другое [укажите]

Раздел В. Интенсивность цифровой трансформации

Этот блок измеряет степень внедрения и интеграции цифровых технологий на предприятии.

Интенсивность цифровой трансформации

DT1. Наше предприятие внедрило цифровые технологии в основные бизнес-процессы.

DT2. Цифровые инструменты регулярно используются при принятии операционных решений.

DT3. Различные цифровые системы нашего предприятия интегрированы между собой.

DT4. Цифровые технологии используются не только для отчетности, но и для совершенствования деятельности предприятия.

DT5. Цифровизация стала важной частью стратегии развития нашего предприятия.

DT6. За последние три года наше предприятие значительно расширило использование цифровых инструментов.

Возможное примечание для раздела «Методы»: данный показатель может рассматриваться как шкала либо быть сокращен после проведения анализа надежности.

Раздел С. Внедрение искусственного интеллекта

Этот блок отражает, используется ли ИИ на предприятии и каким образом применяются соответствующие инструменты.

Внедрение ИИ (AI Adoption)

AI1. Наше предприятие использует инструменты на основе искусственного интеллекта или алгоритмические инструменты для прогнозирования, планирования или поддержки принятия решений.

AI2. Наше предприятие использует автоматизированный анализ данных для совершенствования операционных или управленческих решений.

AI3. Инструменты, связанные с ИИ, используются как минимум в одной важной сфере деятельности нашего предприятия.

AI4. Руководители нашего предприятия доверяют информации и результатам анализа, полученным с использованием ИИ, при принятии решений.

AI5. Наше предприятие планирует расширить использование инструментов ИИ в ближайшем будущем.

AI0. Использует ли ваше предприятие в настоящее время какие-либо инструменты или системы, связанные с ИИ?

A. Да

B. Нет

C. Не уверен(а)

Этот вопрос может использоваться для описательного анализа или в качестве проверки устойчивости результатов.

Раздел D. Цифровые компетенции

Этот блок может использоваться для RQ3 в качестве характеристики организационных возможностей предприятия.

Цифровые компетенции (Digital Capabilities)

DC1. Наши сотрудники обладают навыками, необходимыми для эффективного использования цифровых инструментов.

DC2. Наше предприятие способно относительно быстро адаптироваться к новым цифровым технологиям.

DC3. Руководство нашего предприятия оказывает достаточную поддержку цифровым инновациям.

DC4. Наше предприятие способно определять цифровые решения, соответствующие его потребностям.

DC5. Наше предприятие обладает внутренними возможностями для успешного осуществления цифровых изменений.

Раздел E. Трансформация бизнес-модели: создание ценности

Этот блок измеряет изменения в способах создания ценности предприятием.

Трансформация создания ценности (Value Creation Transformation)

VC1. Цифровые технологии повысили эффективность внутренних процессов нашего предприятия.

VC2. Цифровые инструменты улучшили качество планирования и распределения ресурсов на нашем предприятии.

VC3. Использование цифровых технологий изменило организацию производственных процессов или процессов оказания услуг.

VC4. ИИ или цифровые инструменты помогли нашему предприятию создавать новые формы ценности для клиентов или партнеров.

VC5. Цифровизация повысила способность нашего предприятия быстро реагировать на операционные проблемы.

Раздел F. Трансформация бизнес-модели: предоставление ценности

Этот блок измеряет изменения в способах предоставления ценности клиентам и партнерам.

Трансформация предоставления ценности (Value Delivery Transformation)

VD1. Цифровые технологии изменили способы взаимодействия нашего предприятия с клиентами или партнерами.

VD2. Наше предприятие активнее, чем раньше, использует цифровые каналы для предоставления продукции или услуг.

VD3. Цифровизация улучшила координацию логистики, поставок или распределения.

VD4. Цифровые инструменты повысили скорость или надежность предоставления ценности клиентам.

VD5. В результате цифровой трансформации наше предприятие изменило практики взаимодействия с клиентами.

Раздел G. Трансформация бизнес-модели: получение ценности

Этот блок измеряет изменения в способах экономического получения ценности предприятием.

Трансформация получения ценности (Value Capture Transformation)

VCap1. Цифровая трансформация помогла нашему предприятию сократить операционные затраты.

VCap2. Цифровые инструменты улучшили возможности нашего предприятия по мониторингу финансовых показателей.

VCap3. Цифровизация способствовала появлению новых возможностей для увеличения доходов нашего предприятия.

VCap4. В результате цифровой трансформации изменились подходы нашего предприятия к ценообразованию, формированию доходов или затрат.

VCap5. ИИ или цифровые инструменты повысили экономическую устойчивость бизнес-модели нашего предприятия.

Раздел H. Общая реконфигурация бизнес-модели

Этот блок представляет более общий зависимый показатель, который может использоваться для проверки устойчивости результатов или обобщающего анализа.

Реконфигурация бизнес-модели (Business Model Reconfiguration)

BM1. Цифровая трансформация существенно изменила деятельность нашего предприятия.

BM2. Роль цифровых технологий на нашем предприятии выходит за рамки совершенствования отдельных процессов и затрагивает саму бизнес-модель.

BM3. В результате цифровой трансформации наше предприятие переосмыслило способы создания и предоставления ценности.

BM4. Цифровая трансформация привела к заметным изменениям стратегических приоритетов нашего предприятия.

BM5. Нынешняя бизнес-модель нашего предприятия существенно отличается от той, которая существовала до цифровизации.

Раздел I. Управленческое восприятие и процессы реализации

Эти вопросы могут использоваться для интеграции количественных и качественных результатов, а также в качестве объясняющих переменных.

Конструкт: Управленческая ориентация на цифровую трансформацию (Managerial Orientation to Digital Transformation)

MO1. Руководители нашего предприятия рассматривают цифровую трансформацию как стратегическую возможность, а не только как техническое обновление.

MO2. Решения в области цифровой трансформации на нашем предприятии принимаются с учетом долгосрочных бизнес-целей.

MO3. Руководство нашего предприятия четко понимает, каким образом цифровые инструменты могут изменить бизнес-модель.

MO4. Цифровые инициативы на нашем предприятии реализуются согласованно и скоординированно.

MO5. Соппротивление изменениям ограничивает цифровую трансформацию на нашем предприятии.

Раздел J. Воспринимаемые барьеры и ограничения

Эти показатели могут использоваться как контрольные или описательные переменные.

BAR1. Ограниченные финансовые ресурсы сдерживают цифровую трансформацию нашего предприятия.

BAR2. Нехватка квалифицированных кадров сдерживает цифровую трансформацию нашего предприятия.

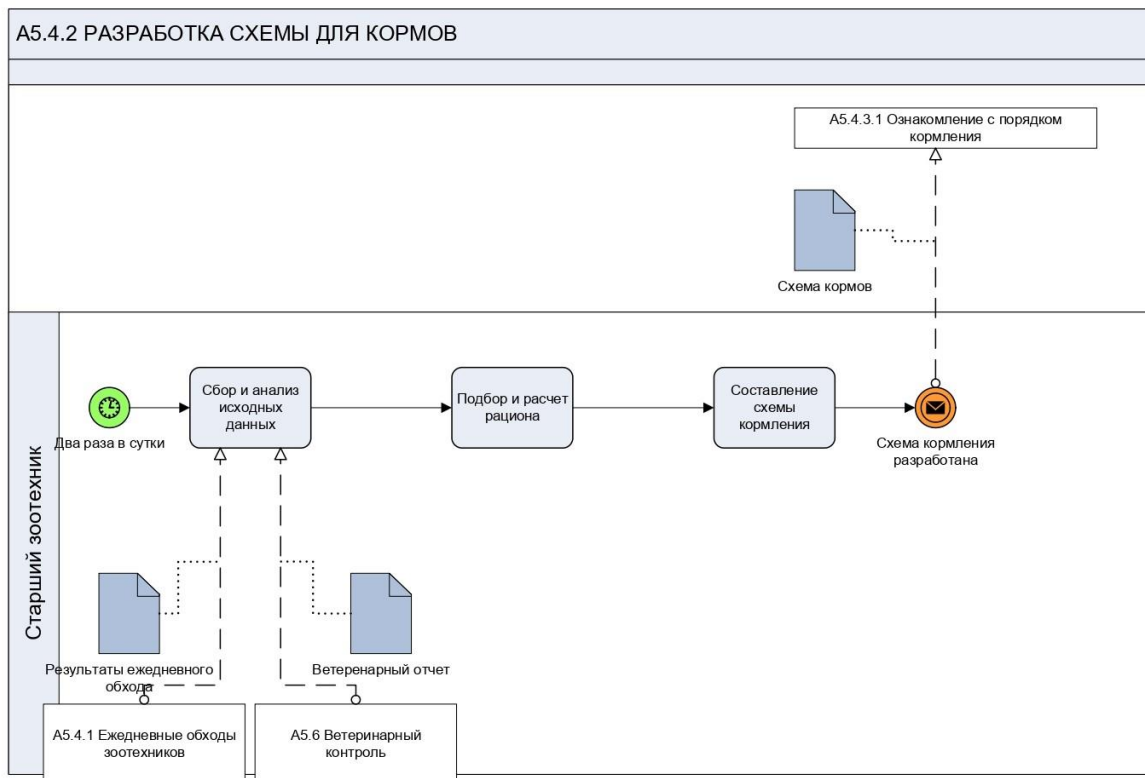
BAR3. Ограниченный доступ к необходимым технологиям сдерживает цифровую трансформацию нашего предприятия.

BAR4. Неопределенность в отношении окупаемости инвестиций замедляет цифровизацию нашего предприятия.

BAR5. Отраслевые особенности затрудняют цифровую трансформацию нашего предприятия.

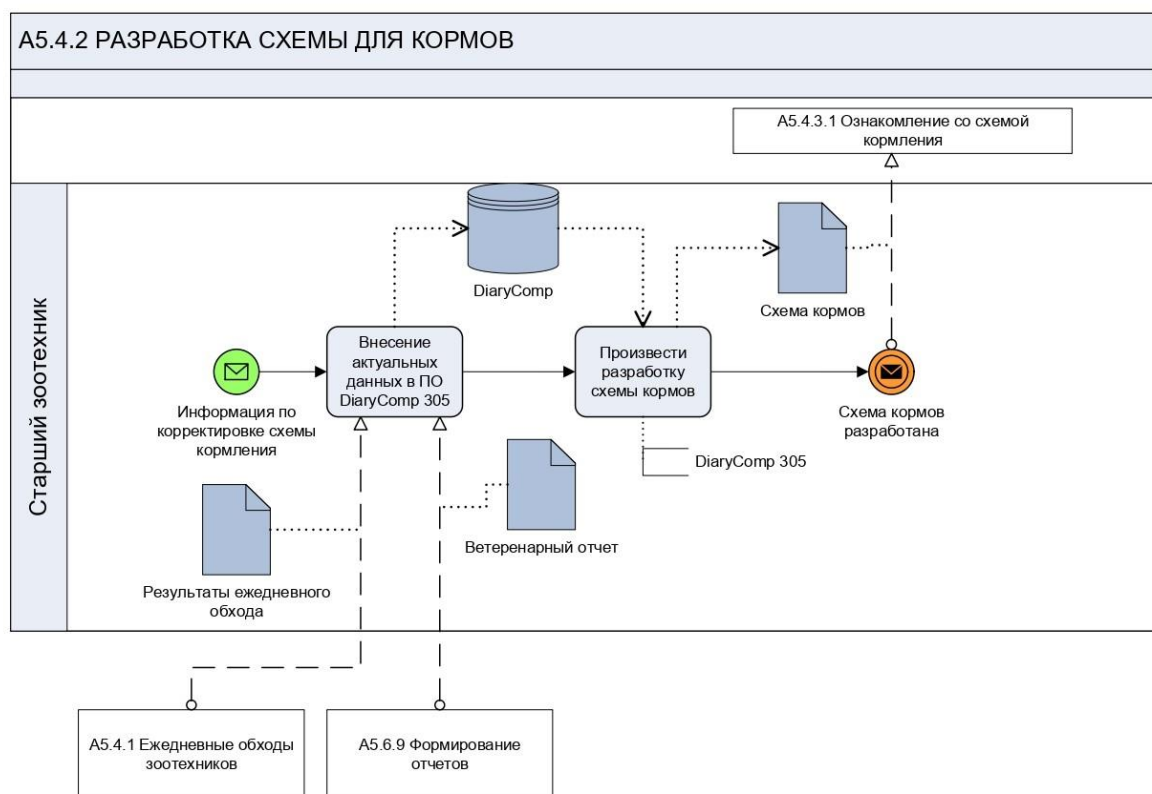
ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Моделирование процесса А5.4.2 «Разработка схемы для кормов» до цифровой трансформации предприятия

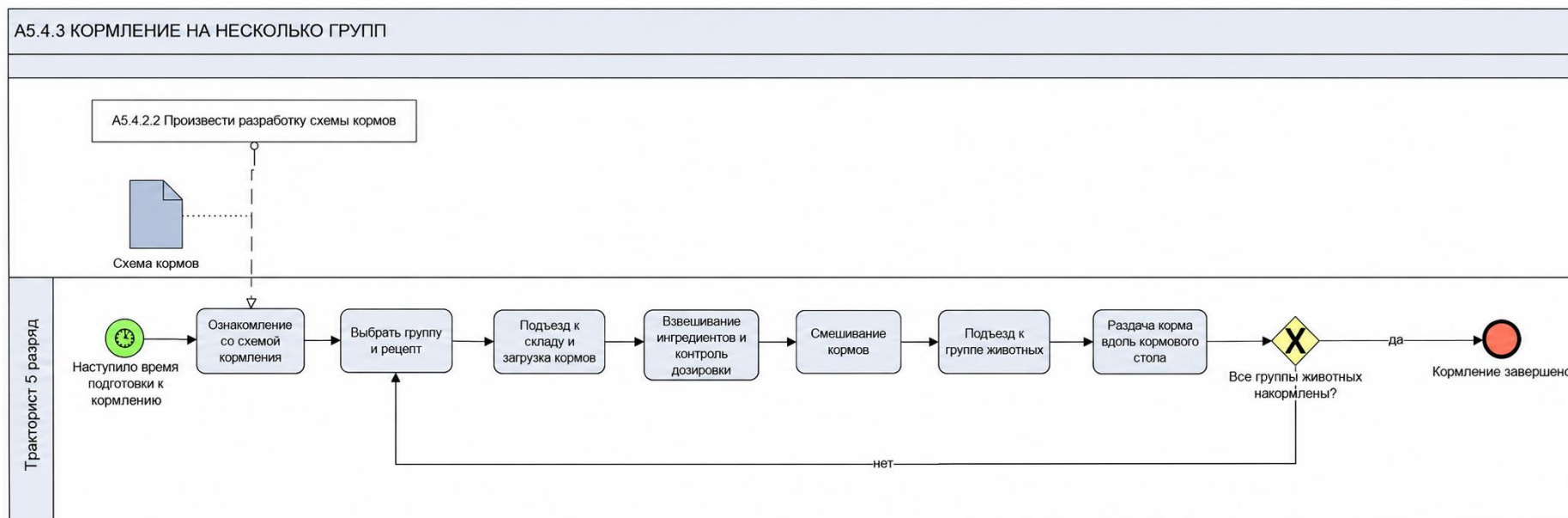


ПРИЛОЖЕНИЕ В

Моделирование процесса А5.4.2 «Разработка схемы для кормов» после цифровой трансформации предприятия

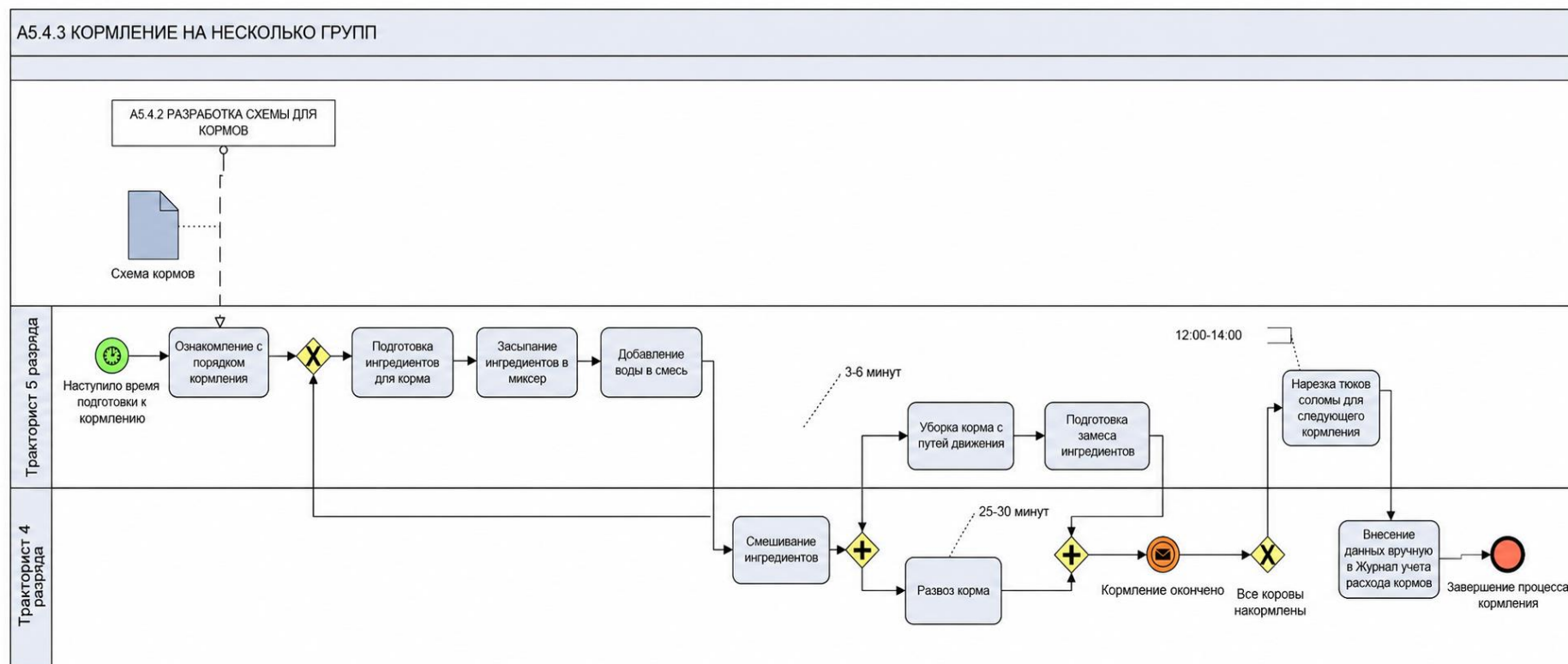


Моделирование процесса А5.4.3 «Кормление на несколько групп» до цифровой трансформации предприятия



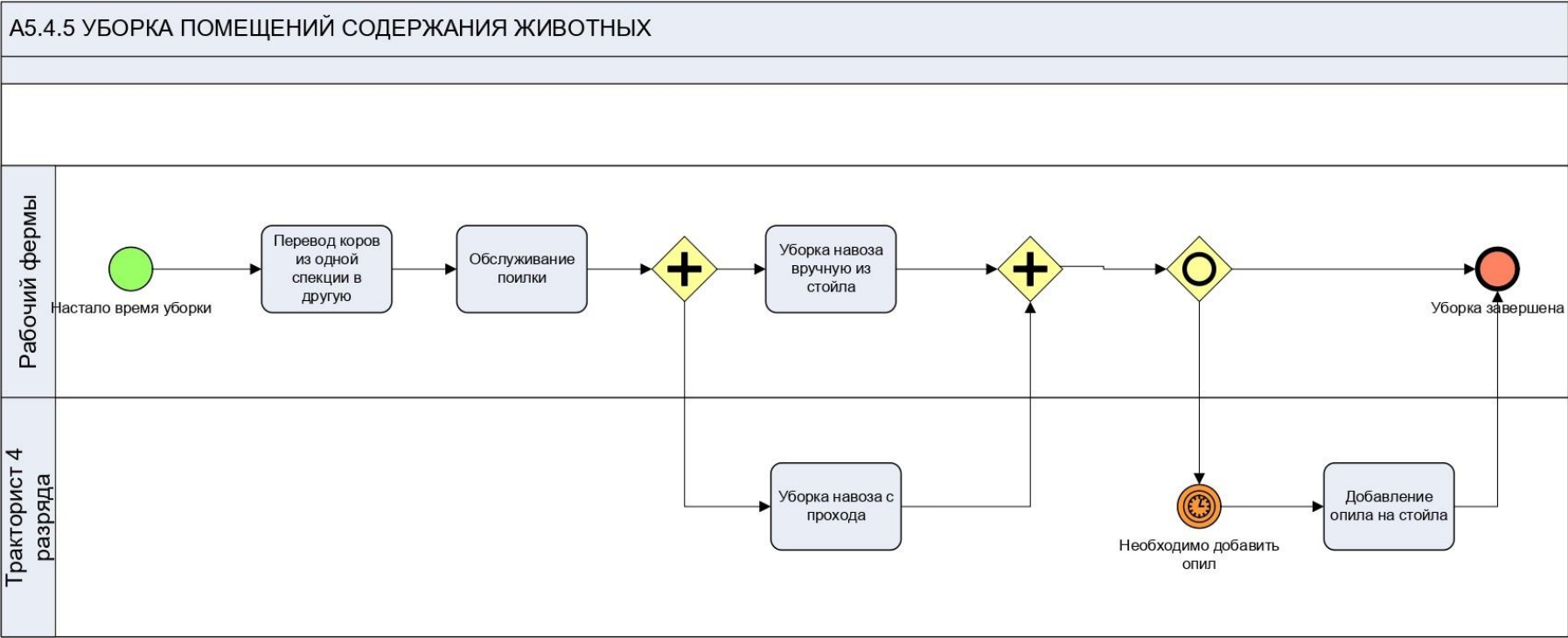
ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Моделирование процесса А5.4.3 «Кормление на несколько групп» после цифровой трансформации предприятия



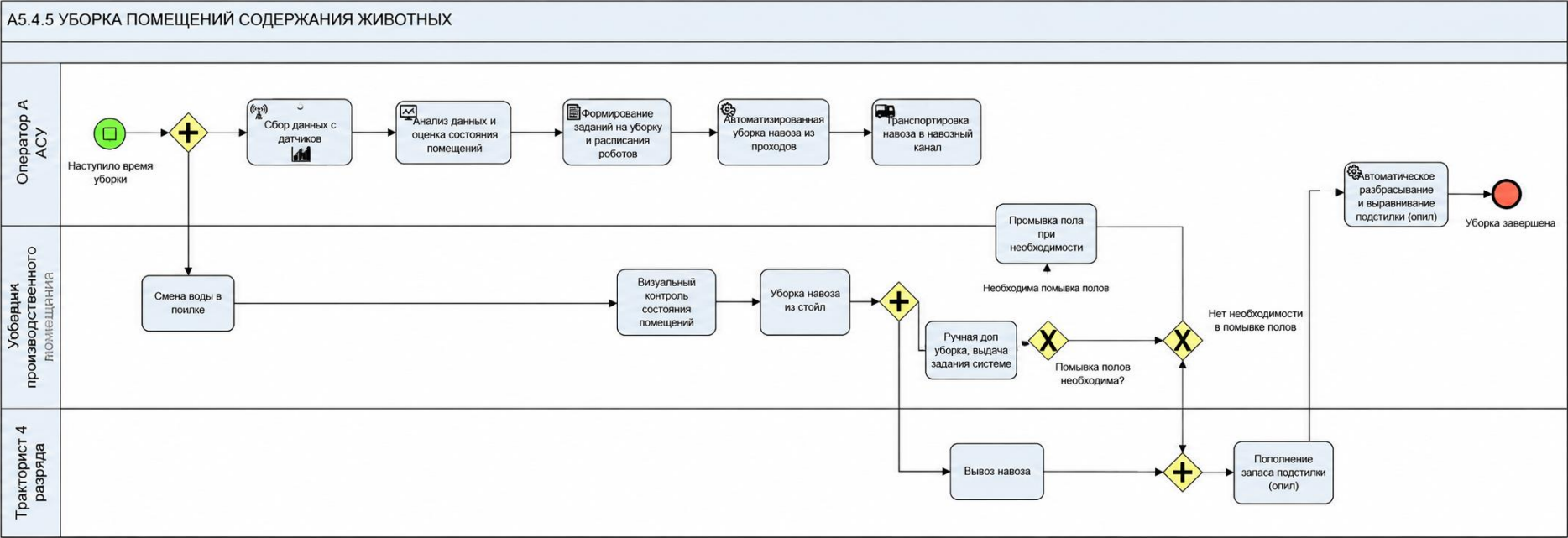
ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Моделирование процесса А5.4.5 «Уборка помещений содержания животных» до цифровой трансформации предприятия

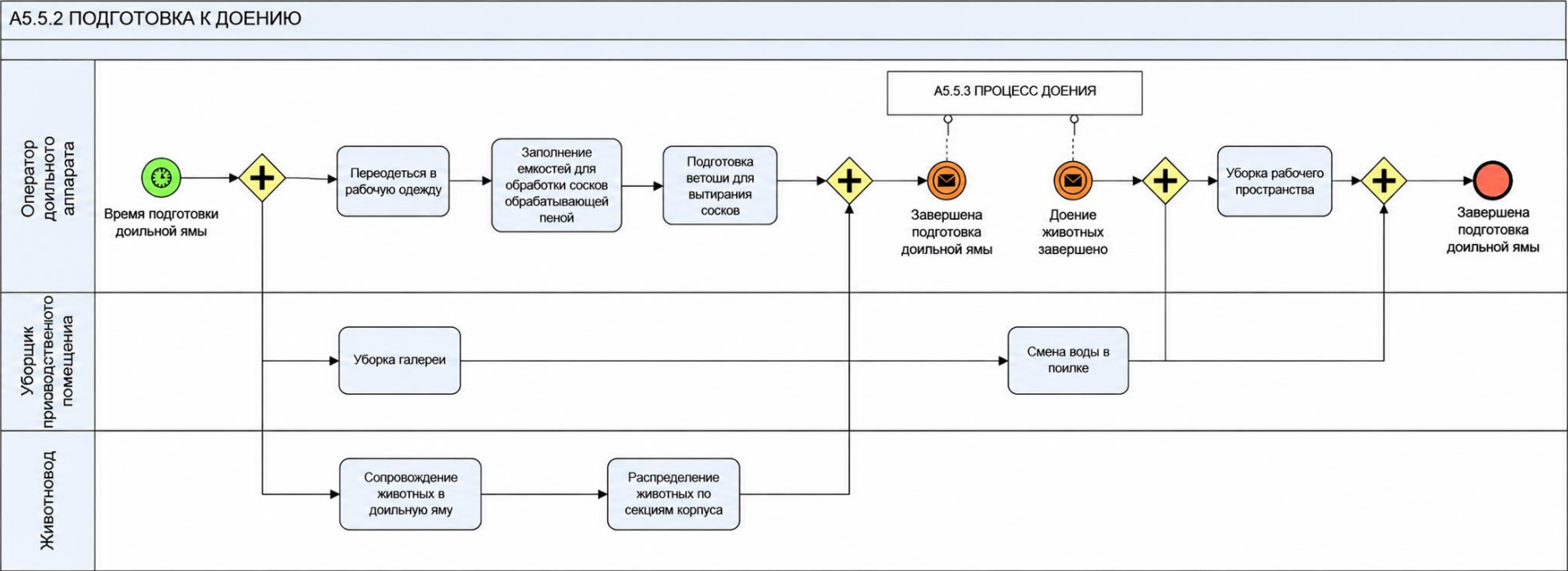


ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Моделирование процесса А5.4.5 «Уборка помещений содержания животных» после цифровой трансформации предприятия

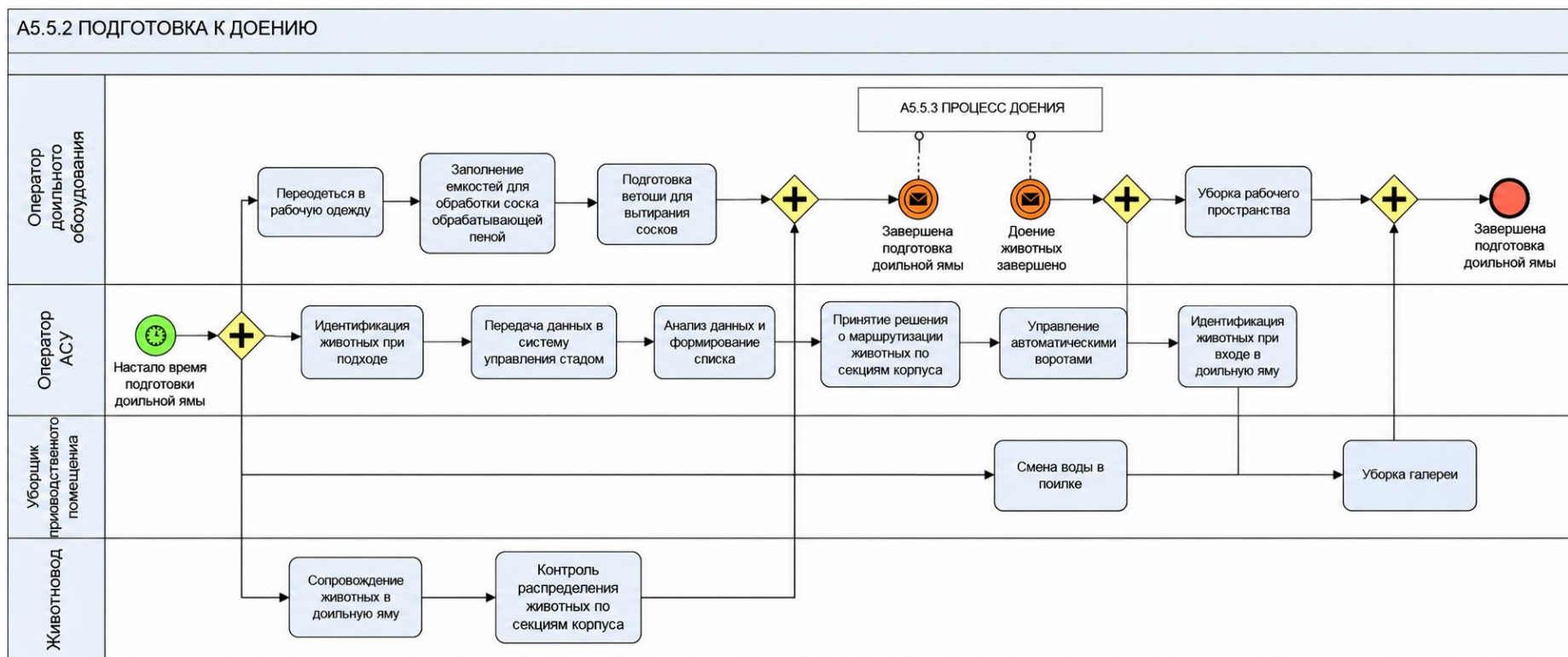


Моделирование процесса А5.5.2 «Подготовка к доению» до цифровой трансформации предприятия



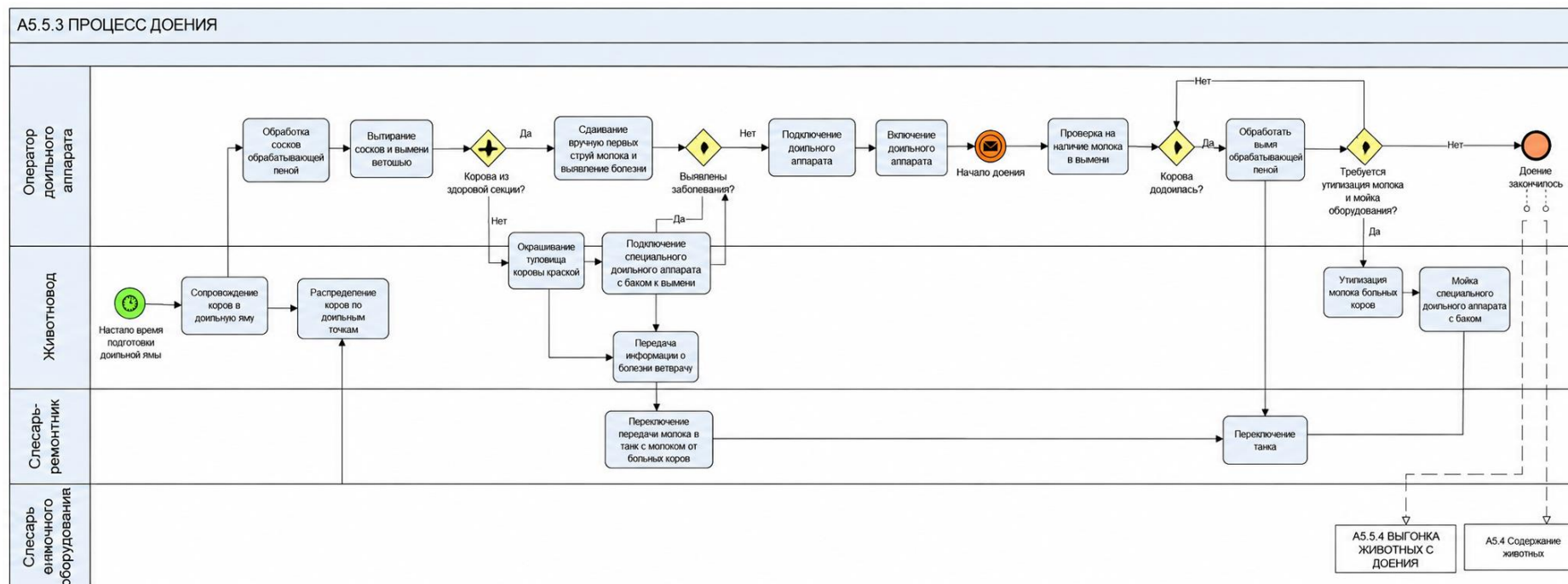
ПРИЛОЖЕНИЕ К

Моделирование процесса А5.5.2 «Подготовка к доению» после цифровой трансформации предприятия



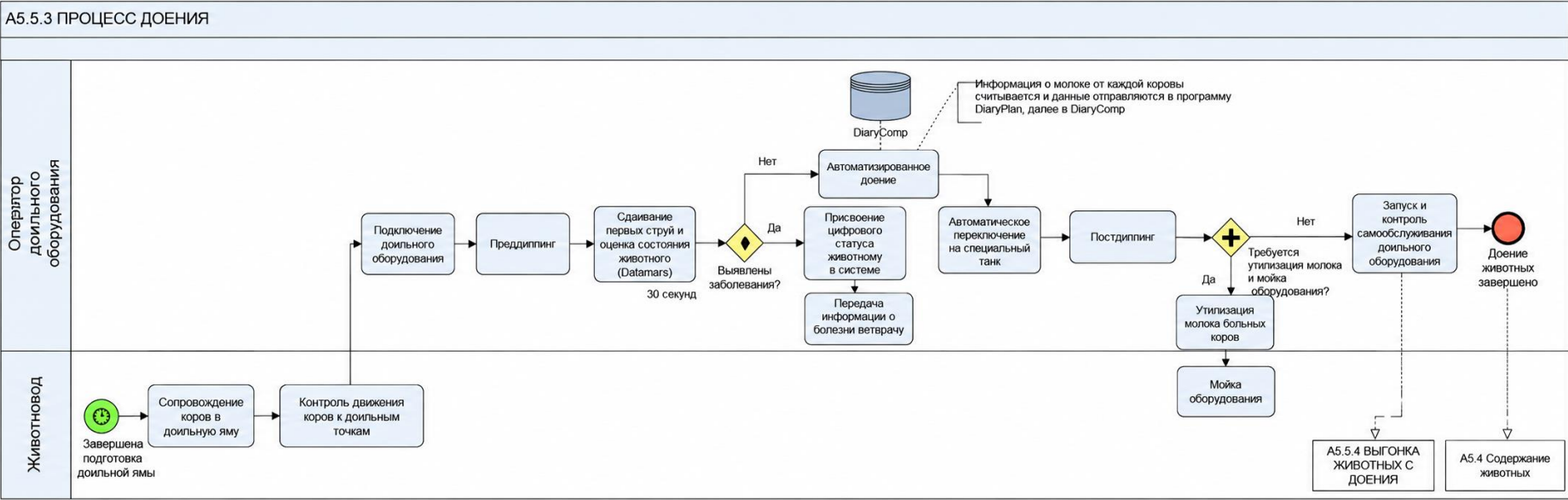
ПРИЛОЖЕНИЕ Л

Моделирование процесса А5.5.3 «Процесс доения» до цифровой трансформации предприятия



ПРИЛОЖЕНИЕ М

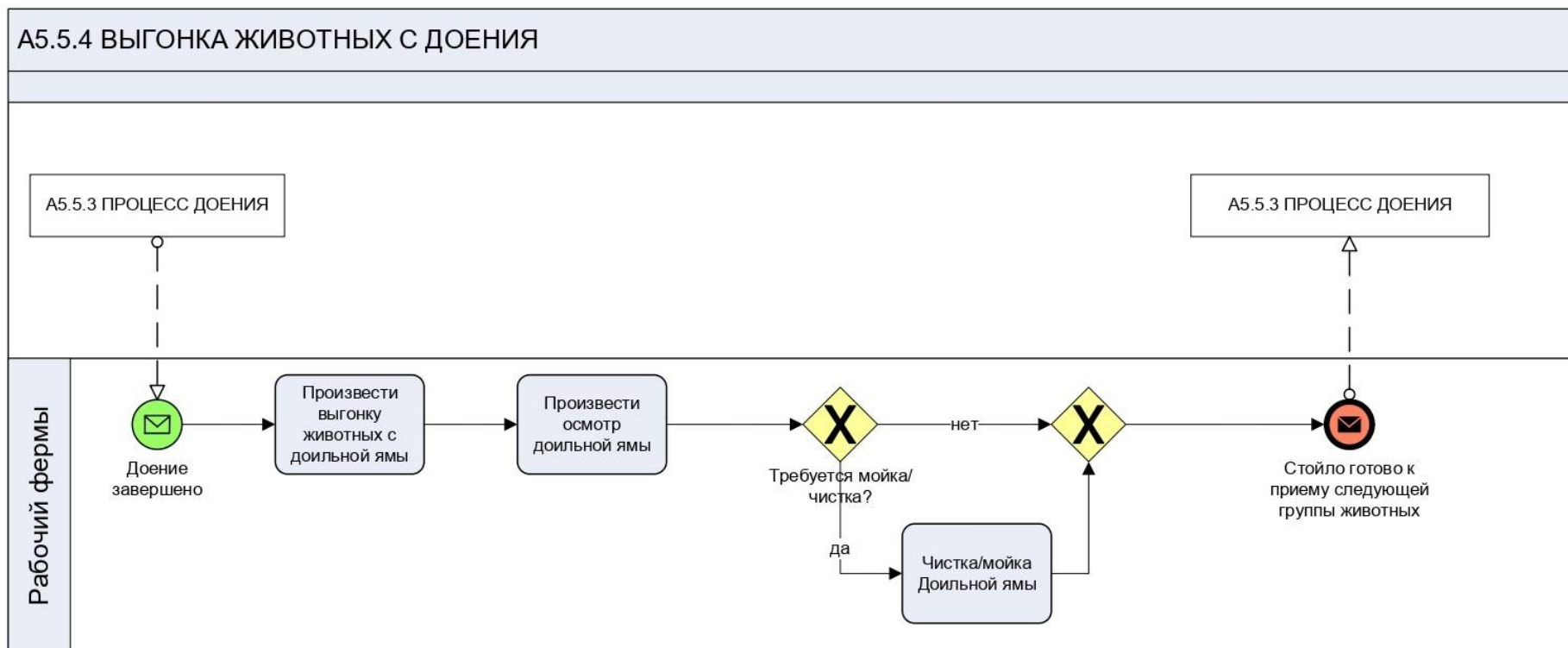
Моделирование процесса А5.5.3 «Процесс доения» после цифровой трансформации предприятия



ПРИЛОЖЕНИЕ Н

Моделирование процесса А5.5.4 «Выгонка животных с доения» после цифровой трансформации предприятия

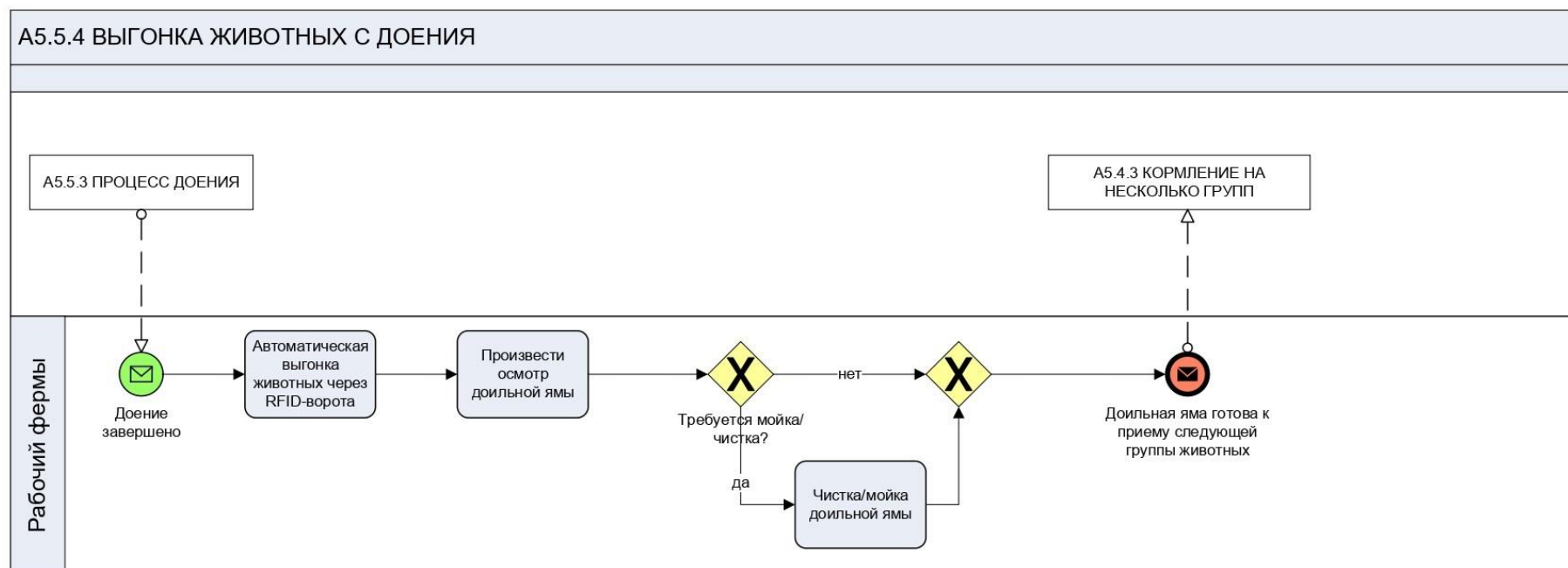
254



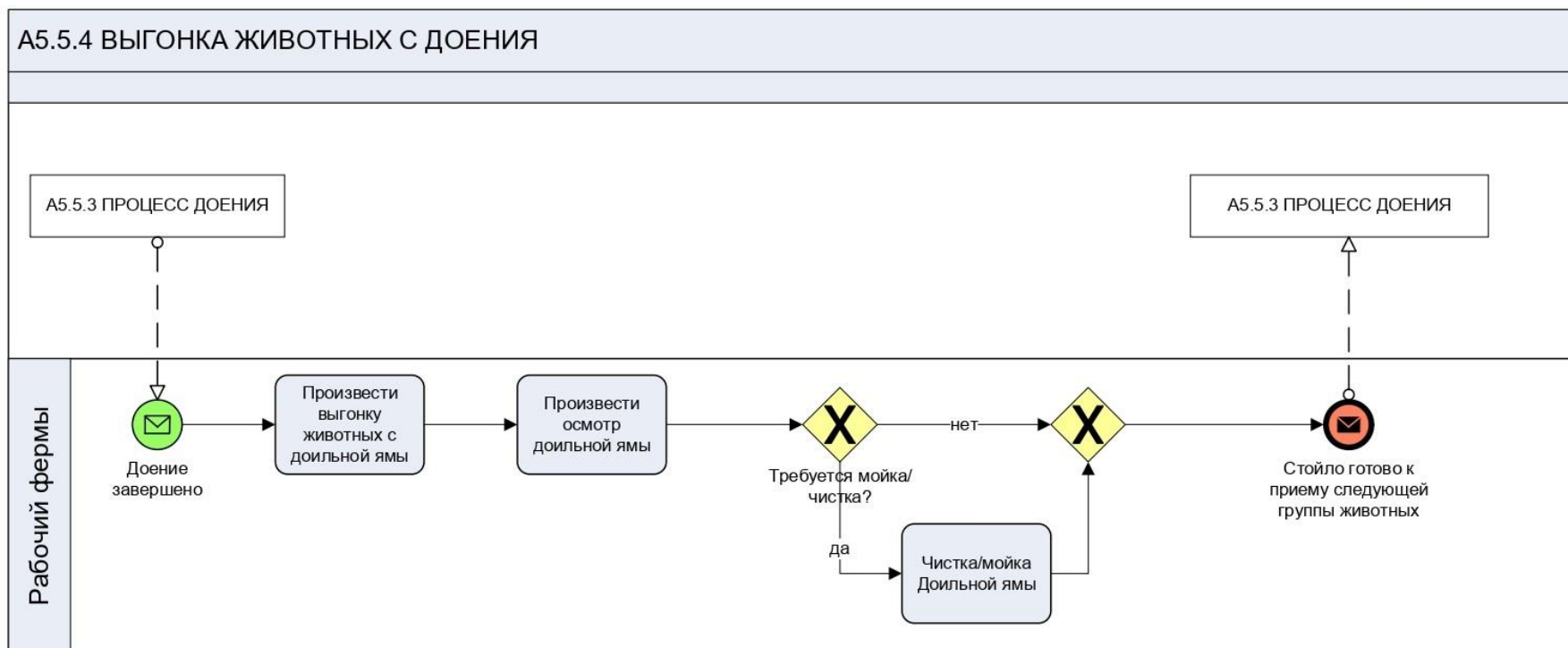
ПРИЛОЖЕНИЕ П

Моделирование процесса A5.5.4 «Выгонка животных с доения» после цифровой трансформации предприятия

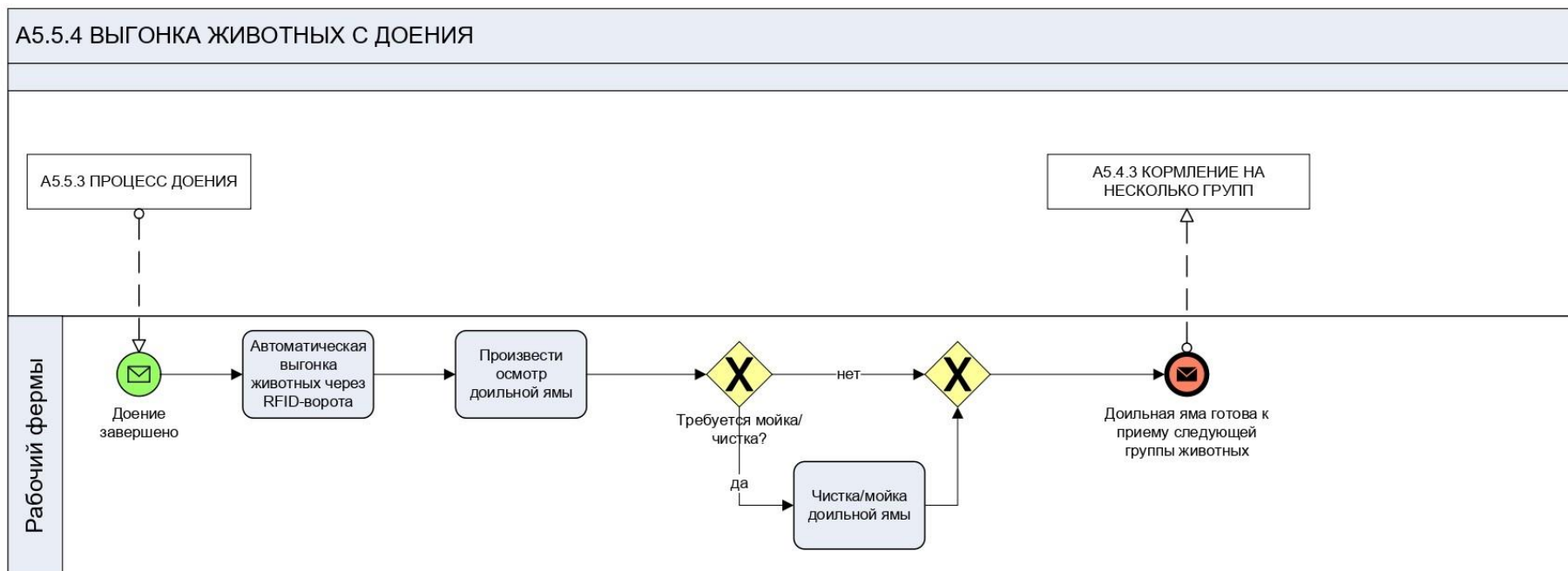
255



Моделирование процесса А5.5.4 «Ежедневные обходы» до цифровой трансформации предприятия



Моделирование процесса А5.5.4 «Ежедневные обходы» после цифровой трансформации предприятия



ПРИЛОЖЕНИЕ Т

Отчет по результатам имитации

Отчет

Имитация

Время имитации

Время начала	01.05.2026 00:00:00
Время окончания	03.05.2026 00:00:00
Длительность	2д. 00:00:00

Процессы имитации

№	Название	Средняя длительность	Средняя стоимость, тенге
1.	А5.4.2 Разработка схемы для кормов	0:03:59	189,28

1. А5.4.2 Разработка схемы для кормов

Использованные ресурсы

Временные ресурсы

№	Название	Смена	Ставка в час	Среднее время использования		Средняя стоимость использования, тенге	
1.	Старший зоотехник	Смена 1	2 841 тенге		0:03:59		189,28
Сумма						189,28	

Постоянные расходы

№	Название	Стоимость	Средняя стоимость использования, тенге	
1.	DiaryComp 305	57,1 тенге в час		4,12
Сумма			4,12	

Средние значения времени и стоимости подпроцессов

№	Процесс	Время выполнения	Время ожидания	Время в очереди	Время в ожидании материальных ресурсов	Полное время	Стоимость, тенге
1.	А5.4.2.1 Внесение актуальных данных в ПО DiaryComp 305	0:03:39	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:03:39	173,5
2.	А5.4.2.2 Произвести разработку схемы кормов	0:00:20	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:20	15,78

Средние затраты времени и стоимости экземпляров подпроцессов на выполнение экземпляра процесса

№	Процесс	Частота в рамках вышележ.	Время выполнения	Время ожидания	Время в очереди	Время в ожидании материальных ресурсов	Полное время	Стоимость, тенге
1.	А5.4.2.1 Внесение актуальных данных в ПО DiaryComp 305	1	0:03:39	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:03:39	173,5
2.	А5.4.2.2 Произвести и разработку схемы кормов	1	0:00:20	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:20	15,78
Сумма			239,85	0,00	0,00	0,00	239,85	189,28

Экземпляры процесса

Количество запущенных экземпляров	665
Количество завершенных экземпляров	665
Количество незавершенных экземпляров	0
Среднее количество запусков в день	332,5
Среднее количество завершенных экземпляров в день	332,5

ПРИЛОЖЕНИЕ У

Отчет по результатам имитации Отчет

Имитация

Время имитации

Время начала	01.05.2026 00:00:00
Время окончания	31.05.2026 00:00:00
Длительность	30д. 00:00:00

Процессы имитации

№	Название	Средняя длительность	Средняя стоимость, тенге
1.	А5.4.3 Кормление на несколько групп	3:25:39	7 400,22

2. А5.4.3 Кормление на несколько групп

Использованные ресурсы

Временные ресурсы

№	Название	Смена	Ставка в час	Среднее время использования	Средняя стоимость использования, тенге
1.	Тракторист 5 разряд	Смена 1	2 159 тенге	<div></div> 3:25:39	<div></div> 7400,22
		Смена 2	2 159 тенге		
		Смена 3	2 159 тенге		
	Сумма				7 400,22

Постоянные расходы

№	Название	Стоимость	Средняя стоимость использования, тенге
1.	Раздатчик-кормосмеситель KUHN SPW Intense	983,8 тенге в час	 3472,24
Сумма			3 472,24

Средние значения времени и стоимости подпроцессов

№	Процесс	Время выполнения	Время ожидания	Время в очереди	Время в ожидании материальных ресурсов	Полное время	Стоимость, тенге
1.	А5.4.3.1 Ознакомление со схемой кормления	0:03:43	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:03:43	134,1
2.	А5.4.3.2 Выбрать группу и рецепт	0:05:59	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:05:59	215,62
3.	А5.4.3.3 Подъезд к складу и загрузка кормов	0:06:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:06:00	215,9
4.	А5.4.3.4 Взвешивание ингредиентов и контроль дозировки	0:10:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:10:00	359,83
5.	А5.4.3.5 Смешивание кормов	0:10:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:10:00	359,83
6.	А5.4.3.6 Подъезд к группе животных	0:06:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:06:00	215,9
7.	А5.4.3.7 Раздача корма вдоль кормового стола	0:17:04	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:17:04	614,5

Средние затраты времени и стоимости экземпляров подпроцессов на выполнение экземпляра процесса

№	Процесс	Частота в рамках вышележ.	Время выполнения	Время ожидания	Время в очереди	Время в ожидании материальных ресурсов	Полное время	Стоимость, тенге
1.	A5.4.3.1 Ознакомление со схемой кормления	1	0:03:43	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:03:43	134,1
2.	A5.4.3.2 Выбрать группу и рецепт	3,6667	0:21:58	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:21:58	790,6
3.	A5.4.3.3 Подъезд к складу и загрузка кормов	3,6667	0:22:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:22:00	791,63
4.	A5.4.3.4 Взвешивание ингредиентов и контроль дозировки	3,6667	0:36:40	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:36:40	1 319,39
5.	A5.4.3.5 Смешивание кормов	3,6667	0:36:40	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:36:40	1 319,39
6.	A5.4.3.6 Подъезд к группе животных	3,6667	0:22:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:22:00	791,63
7.	A5.4.3.7 Раздача корма вдоль кормового стола	3,6667	1:02:37	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1:02:37	2 253,16
	Сумма		12 338,89	0,00	0,00	0,00	12 338,89	7 399,91

Экземпляры процесса

Количество запущенных экземпляров	205
Количество завершенных экземпляров	204
Количество незавершенных экземпляров	1
Среднее количество запусков в день	6,833
Среднее количество завершенных экземпляров в день	6,8

ПРИЛОЖЕНИЕ Ф

Отчет по результатам имитации

Отчет

Имитация

Время имитации

Время начала	01.05.2026 00:00:00
Время окончания	31.05.2026 00:00:00
Длительность	30д. 00:00:00

Процессы имитации

№	Название	Средняя длительность	Средняя стоимость, тенге
1.	А5.4.5 Уборка помещений содержания животных	2:57:22	7 016,02

3. А5.4.5 Уборка помещений содержания животных

Использованные ресурсы

Временные ресурсы

№	Название	Смена	Ставка в час	Среднее время использования	Средняя стоимость использования, тенге
1.	Оператор АСУ	Смена 1	1 785,7 тенге	<div></div> 1:27:34	<div></div> 2606.25
		Смена 2	1 785,7 тенге		
		Смена 3	1 785,7 тенге		
2.	Тракторист 4 разряда	Смена 1	1 987 тенге	<div></div> 1:34:04	<div></div> 3115.54
		Смена 2	1 987 тенге		
		Смена 3	1 987 тенге		
3.	Уборщик производственного помещения	Смена 1	1 117 тенге	<div></div> 1:09:31	<div></div> 1294.22
		Смена 2	1 117 тенге		
		Смена 3	1 117 тенге		
	Сумма				7 016,02

Постоянные расходы

№	Название	Стоимость	Средняя стоимость использования, тенге
1.	Система мониторинга	22,8 тенге в час	 273,60
2.	PLC- автоматизированный срепер	122,3 тенге в час	 1467,60
3.	Трактор	83,9 тенге в час	 1006,80
Сумма			2 748

Средние значения времени и стоимости подпроцессов

№	Процесс	Время выполнения	Время ожидания	Время в очереди	Время в ожидании материальных ресурсов	Полное время	Стоимость, тенге
1.	A5.4.5.1 Смена воды в поилке	0:29:14	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:29:14	544,41
2.	A5.4.5.2 Сбор данных с датчиков	0:00:20	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:20	9,92
3.	A5.4.5.3 Анализ данных и оценка состояния помещений	0:03:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:03:00	89,29
4.	A5.4.5.4 Формирование заданий на уборку и расписания роботов	0:02:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:02:00	59,52
5.	A5.4.5.5 Автоматизированная уборка навоза из проходов	0:14:58	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:14:58	445,68
6.	A5.4.5.6 Визуальный контроль состояния помещений	0:15:03	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:15:03	280,23
7.	A5.4.5.7 Транспортировка навоза в навозный канал	0:03:02	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:03:02	90,36
8.	A5.4.5.8 Уборка навоза из стойл	0:30:23	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:30:23	904,26
9.	A5.4.5.9 Ручная доп уборка, выдача задания системе	0:25:13	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:25:13	469,58
10.	A5.4.5.10 Вывоз навоза	1:11:31	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1:11:31	2 368,58
11.	A5.4.5.11 Промывка пола при необходимости	0:15:03	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:15:03	448,18
12.	A5.4.5.12 Пополнение запаса подстилки (опил)	0:22:33	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:22:33	746,96
13.	A5.4.5.13 Автоматическое разбрасывание и выравнивание подстилки (опил)	0:29:34	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:29:34	880,24

Средние затраты времени и стоимости экземпляров подпроцессов на выполнение экземпляра процесса

№	Процесс	Частота в рамках вышележ.	Время выполнения	Время ожидания	Время в очереди	Время в ожидании материальных ресурсов	Полное время	Стоимость, тенге
1.	A5.4.5.1 Смена воды в поилке	1	0:29:14	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:29:14	544,41
2.	A5.4.5.2 Сбор данных с датчиков	1	0:00:20	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:20	9,92
3.	A5.4.5.3 Анализ данных и оценка состояния помещений	1	0:03:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:03:00	89,29
4.	A5.4.5.4 Формирование заданий на уборку и расписания роботов	1	0:02:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:02:00	59,52
5.	A5.4.5.5 Автоматизированная уборка навоза из проходов	1	0:14:58	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:14:58	445,68
6.	A5.4.5.6 Визуальный контроль состояния помещений	1	0:15:03	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:15:03	280,23
7.	A5.4.5.7 Транспортировка навоза в навозный канал	1	0:03:02	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:03:02	90,36
8.	A5.4.5.8 Уборка навоза из стойл	1	0:30:23	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:30:23	904,26
9.	A5.4.5.9 Ручная доп уборка, выдача задания системе	1	0:25:13	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:25:13	469,58
10.	A5.4.5.10 Вывоз навоза	1	1:11:31	0:00:00	0:00:00	0:00:00	1:11:31	2 368,58
11.	A5.4.5.11 Промывка пола при необходимости	0,2833	0:04:16	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:04:16	126,98
12.	A5.4.5.12 Пополнение запаса подстилки (опил)	1	0:22:33	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:22:33	746,96
13.	A5.4.5.13 Автоматическое разбрасывание и выравнивание подстилки (опил)	1	0:29:34	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:29:34	880,24
	Сумма		15 070,08	0,00	0,00	0,00	15 070,08	7 016,02

Экземпляры процесса

Количество запущенных экземпляров	60
Количество завершенных экземпляров	60
Количество незавершенных экземпляров	0
Среднее количество запусков в день	2
Среднее количество завершенных экземпляров в день	2

ПРИЛОЖЕНИЕ X

Отчет по результатам имитации

Отчет

Имитация

Время имитации

Время начала	01.05.2026 00:00:00
Время окончания	31.05.2026 00:00:00
Длительность	30д. 00:00:00

Процессы имитации

№	Название	Средняя длительность	Средняя стоимость, тенге
1.	A5.5.2 Подготовка к доению	0:13:18	604,81

4. А5.5.2 Подготовка к доению

Использованные ресурсы

Временные ресурсы

№	Название	Смена	Ставка в час	Среднее время использования	Средняя стоимость использования, тенге
1.	Животновод 2	Смена 1	1 789 тенге	<div><div></div></div> 0:08:00	<div><div></div></div> 238,54
		Смена 2	1 789 тенге		
		Смена 3	1 789 тенге		
2.	Оператор АСУ	Смена 1	1 785,7 тенге	<div><div></div></div> 0:00:46	<div><div></div></div> 23,22
		Смена 2	1 785,7 тенге		
		Смена 3	1 785,7 тенге		
3.	Оператор доильного оборудования	Смена 1	1 235 тенге	<div><div></div></div> 0:13:02	<div><div></div></div> 268,42
		Смена 2	1 235 тенге		
		Смена 3	1 235 тенге		
4.	Уборщик производственного помещения	Смена 1	1 117 тенге	<div><div></div></div> 0:04:00	<div><div></div></div> 74,63
		Смена 2	1 117 тенге		
		Смена 3	1 117 тенге		
	Сумма				604,81

Постоянные расходы

№	Название	Стоимость	Средняя стоимость использования, тенге
1.	Система Datamars	342,5 тенге в час	 76,23
Сумма			76,23

Средние значения времени и стоимости подпроцессов

№	Процесс	Время выполнения	Время ожидания	Время в очереди	Время в ожидании материальных ресурсов	Полное время	Стоимость, тенге
1.	A5.5.2.1 Переодеться в рабочую одежду	0:02:30	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:02:30	51,67
2.	A5.5.2.2 Сопровождение животных в доильную яму	0:03:29	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:03:29	104,17
3.	A5.5.2.3 Идентификация животных при подходе	0:00:07	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:07	3,71
4.	A5.5.2.4 Заполнение емкостей для обработки соска обрабатывающей пеной	0:02:30	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:02:30	51,63
5.	A5.5.2.5 Распределение животных по секциям корпуса	0:04:30	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:04:30	134,37
6.	A5.5.2.6 Передача данных в систему управления стадом	0:00:07	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:07	3,72
7.	A5.5.2.7 Подготовка ветоши для вытирания сосков	0:03:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:03:00	61,92
8.	A5.5.2.8 Анализ данных и формирования списка	0:00:09	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:09	4,68
9.	A5.5.2.9 Принятие решения о маршрутизации животных по секциям корпуса	0:00:07	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:07	3,69
10.	A5.5.2.10 Управление автоматическими воротами	0:00:07	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:07	3,69
11.	A5.5.2.11 Идентификация животных при входе в доильную яму	0:00:07	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:07	3,73
12.	A5.5.2.12 Уборка рабочего пространства	0:05:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:05:00	103,2
13.	A5.5.2.13 Уборка галереи	0:04:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:04:00	74,63

Средние затраты времени и стоимости экземпляров подпроцессов на выполнение экземпляра процесса

№	Процесс	Частота в рамках вышележ.	Время выполнения	Время ожидания	Время в очереди	Время в ожидании материальных ресурсов	Полное время	Стоимость, тенге
1.	A5.5.2.1 Переодеться в рабочую одежду	1	0:02:30	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:02:30	51,67
2.	A5.5.2.2 Сопровождение животных в доильную яму	1	0:03:29	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:03:29	104,17
3.	A5.5.2.3 Идентификация животных при подходе	1	0:00:07	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:07	3,71
4.	A5.5.2.4 Заполнение емкостей для обработки соска обрабатывающей пеной	1	0:02:30	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:02:30	51,63
5.	A5.5.2.5 Распределение животных по секциям корпуса	1	0:04:30	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:04:30	134,37
6.	A5.5.2.6 Передача данных в систему управления стадом	1	0:00:07	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:07	3,72
7.	A5.5.2.7 Подготовка ветоши для вытирания сосков	1	0:03:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:03:00	61,92
8.	A5.5.2.8 Анализ данных и формирования списка	1	0:00:09	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:09	4,68
9.	A5.5.2.9 Принятие решения о маршрутизации животных по секциям корпуса	1	0:00:07	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:07	3,69
10.	A5.5.2.10 Управление автоматическими воротами	1	0:00:07	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:07	3,69
11.	A5.5.2.11 Идентификация животных при входе в доильную яму	1	0:00:07	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:07	3,73
12.	A5.5.2.12 Уборка рабочего пространства	1	0:05:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:05:00	103,2
13.	A5.5.2.13 Уборка галереи	1	0:04:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:04:00	74,63
	Сумма		1 549,79	0,00	0,00	0,00	1 549,79	604,81

Экземпляры процесса

Количество запущенных экземпляров	3 236
Количество завершенных экземпляров	3 235
Количество незавершенных экземпляров	1
Среднее количество запусков в день	107,867
Среднее количество завершенных экземпляров в день	107,833

Научное издание

Рустенова Э.А. – кандидат экон., наук, доцент
(НАО «ЗКАТУ им. Жангир хана»)

Ибыжанова А.Д. – кандидат экон., наук, доцент
(НАО «ЗКАТУ им. Жангир хана»)

**ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ: МОДЕЛИ, ИНСТРУМЕНТЫ И СТРАТЕГИИ
АДАПТАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ**

МОНОГРАФИЯ

Подписано к печати 12.10.2026 г.
Формат 60х84/16 Бумага листовая 80 м/г
Объем 17 п.л. Заказ № 423
Тираж 500 экз.

***Отпечатано в полном соответствии
с качеством предоставленных оригиналов***

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический
университет имени Жангир хана»
090009 г.Уральск, Жангир хана, 51