

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-
техническому обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

ЦИФРОВОЕ ПРОФИЛИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аналитический обзор



Москва
2024

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Российский научно-исследовательский институт информации
и технико-экономических исследований по инженерно-
техническому обеспечению агропромышленного комплекса»
(ФГБНУ «Росинформагротех»)

ЦИФРОВОЕ ПРОФИЛИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аналитический обзор

Москва 2024

УДК 004.9:631.3:633/635

ББК 65.32-55

Ц 75

Рецензенты:

Е.В. Худякова, д-р экон. наук, проф. (ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева);

В.И. Мединников, д-р тех. наук, вед. науч. сотр. ВЦ имени А.А. Дороницина (ФИЦ ИУ РАН)

Цифровое профилирование сельскохозяйственных предприятий / Моторин О.А.,

Ц 75 **Кузьмин В.Н., Эдер А.В., Королькова А.П., Стукалин А.В., Гаврилов А.В., Альшан А.А.:** аналит. обзор: М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2024. – 116 с.

ISBN 978-5-7367-1824-5

Рассмотрены процессы цифровой трансформации и цифрового профилирования (проблемы, модель, участники и объекты процесса, критерии эффективности цифровизации сельскохозяйственных организаций и методы их реализации, оценка цифровой зрелости в растениеводстве, анализ данных профилируемого бизнес-процесса). Изложены основные положения, необходимые для разработки проекта цифровой трансформации сельскохозяйственной организации растениеводческого направления (классификация целевых моделей, анализ и обобщение информации о IT-решениях для оценки цифровой зрелости растениеводческого бизнеса), приведен детальный порядок разработки целевых моделей цифровизации сельскохозяйственной организации растениеводческого направления по блокам «цели и задачи цифровизации», «экономическая сущность решаемых задач и оценка экономического результата», «цифровая инфраструктура», «этапы реализации целевой модели» и др. Разработаны рекомендации по разработке таких моделей.

Предназначен для ученых, специалистов и работников органов управления сельским хозяйством на федеральном уровне и уровне субъектов Российской Федерации, а также сельскохозяйственных товаропроизводителей, может использоваться преподавателями и студентами аграрных учебных заведений.

Motorin, O.A., Kuzmin, V.N., Eder, A.V., Korolkova, A.P., Stukalin, A.V., Gavrillov, A.V., Alshan, A.A. *Digital profiling of the agricultural enterprises: analyst. review: electronic ed.* (Moscow: Rosinformagrotech) 116 (2024).

The processes of digital transformation and digital profiling are considered (problems, model, the participants and objects of the process, criteria for the effectiveness of digitalization of agricultural organizations and methods of their implementation, assessment of digital maturity in crop production, analysis of data of the profiled business process). The main provisions necessary for the development of a digital transformation project for an agricultural organization in the crop production sector are set out (classification of target models, analysis and generalization of information on IT solutions for assessing the digital maturity of the crop production business), and the detailed procedure for developing target models of digitalization of an agricultural organization in the crop production sector is given in the blocks of “goals and objectives of digitalization”, “economic essence of the problems to be solved and assessment of the economic result”, “digital infrastructure”, “stages of implementation of the target model”, etc. The recommendations for the development of such models are developed.

It is intended for the scientists, specialists and employees of agricultural management bodies at the federal level and the level of constituent entities of the Russian Federation, as well as agricultural producers, and can be used by teachers and students of agricultural educational institutions.

УДК 004.9:631.3:633/635

ББК 65.32-55

ISBN 978-5-7367-1824-5

© ФГБНУ «Росинформагротех», 2024

ВВЕДЕНИЕ

Современные вызовы, с которыми сталкивается АПК [50, 81], требуют коренного пересмотра подходов к управлению сельскохозяйственным бизнесом, особенно в контексте ускоряющейся цифровой трансформации и лидирования этого процесса со стороны государства [47]. Одним из ключевых направлений развития сельского хозяйства Российской Федерации на ближайшие десятилетия является переход к высокопродуктивному и экологически безопасному агрохозяйству, где цифровизация играет важную роль в обеспечении устойчивости и конкурентоспособности отечественных сельхозтоваропроизводителей [63]. В этом контексте приоритетные цифровые технологии, такие как интернет вещей (IoT), машинное обучение и нейросети [65], робототехника, геопространственные системы и облачные вычисления, представляют собой целостную экосистему, способствующую оптимизации управления ресурсами и повышению эффективности бизнес-процессов. Достижение цифровой зрелости является одной из национальных целей развития Российской Федерации до 2030 г. [66, 69].

Цифровое профилирование сельскохозяйственных предприятий представляет собой методологический процесс, направленный на сбор, обработку и анализ данных о текущем уровне цифровизации предприятия, а также разработку рекомендаций по дальнейшему совершенствованию цифровых практик. Этот процесс базируется на глубоком понимании производственных и управленческих процессов сельхозтоваропроизводителей и направлен на повышение их цифровой зрелости. Понятие цифрового профиля предприятия становится основой для анализа, планирования и реализации изменений, направленных на цифровую трансформацию.

Концепция цифрового профиля сельхозтоваропроизводителя включает в себя методы и инструменты для постановки целей цифрового профилирования, анализа существующих бизнес-процессов оценки уровня цифровой зрелости и подбора оптимальных цифро-

вых решений для внедрения [23, 52]. Эти компоненты позволяют создать структурированное представление о состоянии предприятия с точки зрения его цифровизации, а также формировать стратегию дальнейшего развития на основе полученных данных. Таким образом, цифровое профилирование является комплексным процессом, который помогает оценить, в какой степени используются информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) в различных аспектах деятельности хозяйства, таких как мониторинг состояния полей, управление ресурсами, планирование агротехнических мероприятий и финансовое управление.

Использование концепции цифрового профиля позволяет систематизировать данные о текущем состоянии сельхозтоваропроизводителя и принимать стратегически обоснованные решения о дальнейшем внедрении цифровых технологий, а также степени и уровне интеграции с государственными информационными и коммерческими системами [68]. В рамках цифрового профилирования особое внимание уделяется методу классификации и систематизации используемых цифровых технологий. Классификатор цифровых технологий служит инструментом для анализа уровня цифровой зрелости предприятия, оценки текущего использования технологий и определения потребностей в дальнейшей цифровой трансформации [26]. Классификатор также используется для управления данными на всех этапах производственного цикла после внедрения цифровых решений, что позволяет структурированно и эффективно управлять ресурсами и процессами.

Цифровая трансформация, основанная на результатах цифрового профилирования, является следующим шагом на пути к повышению конкурентоспособности сельхозтоваропроизводителей. Переход от традиционных методов управления к использованию цифровых решений способствует не только улучшению производственных показателей, но и созданию новых возможностей для взаимодействия с государственными и частными партнерами, расширению рынка сбыта продукции сельскохозяйственных организаций (СХО) в условиях стратегии развития АПК и оптимизации логистических процессов, участия в реализации Доктрины продовольственной безопасности

[1, 67]. Стратегическая задача цифрового профилирования заключается в формировании системы поддержки принятия обоснованных решений на базе достоверных данных, что в конечном итоге обеспечивает устойчивое развитие сельхозпредприятий.

Правительством Российской Федерации обозначены приоритеты по цифровизации отраслей экономики, включая агропромышленный комплекс, в условиях ускоряющейся глобализации и роста конкурентного давления [44]. Введение стандартов цифровой зрелости и применение цифровых технологий для управления сельскохозяйственными процессами позволяют поддерживать предприятия на всех уровнях – от местных сельхозтоваропроизводителей до крупных агрохолдингов и формировать единую цифровую экосистему АПК. Эта экосистема способна удовлетворять потребности всех участников рынка, обеспечивая высокий уровень прозрачности и эффективности хозяйственной деятельности, использование преимуществ цифровой экономики или, иными словами, экономики данных [3].

Работа посвящена исследованию процесса цифрового профилирования сельскохозяйственных предприятий в области растениеводства, разработке целевых моделей цифровизации и созданию комплекса мероприятий и IT-решений, позволяющих проводить объективную оценку цифровой зрелости предприятия. Направлена на формирование научно обоснованного подхода, который позволит структурировать процесс цифровизации, выявить уязвимости и определить точки роста, предлагая конкретные решения по их устранению и развитию. Рассматриваются элементы концепции цифрового профиля, а именно методики анализа и профилирования, алгоритмы оценки цифровой зрелости и рекомендации по внедрению цифровых технологий.

Представлен инструментарий для системного анализа текущего уровня цифровизации и предложена методика, позволяющие провести самооценку цифровой зрелости хозяйства. Понимание существующих уязвимостей и точек роста позволяет не только оптимизировать текущие процессы, но и повысить их эффективность с использованием современных цифровых решений. Методика цифро-

вого профилирования способствует формированию дорожной карты цифровой трансформации предприятия, что позволяет минимизировать риски и повысить рентабельность хозяйственной деятельности, кроме того, поможет определить необходимые шаги для подготовки персонала, чтобы сотрудники предприятия могли эффективно работать с внедренными цифровыми решениями, тем самым обеспечивая устойчивое развитие и повышение производительности.

Понимание уникальных особенностей и требований аграрного бизнеса позволяет разработчикам IT-решений создавать более эффективные и релевантные продукты для СХО. Представленные в работе концепции и методы цифрового профилирования помогают специалистам понять, какие именно цифровые технологии наиболее востребованы в растениеводстве и как их лучше интегрировать в существующие бизнес-процессы. Это знание способствует улучшению качества предлагаемых решений, а также позволяет строить долгосрочные партнерские отношения с аграрными предприятиями.

Научная ценность настоящего исследования заключается в разработке целостной концепции цифрового профилирования сельскохозяйственных предприятий. Введение в научный оборот понятия «цифровой профиль» и разработка методологического аппарата для его формирования и оценки предоставляют новые возможности для изучения уровня цифровизации в агропромышленном секторе [4]. Основным научным результатом является систематизация подходов к определению уровня цифровой зрелости сельхозтоваропроизводителей, что позволяет проводить структурированный и объективный анализ состояния предприятия и формировать рекомендации по его цифровой трансформации.

Методология цифрового профилирования, предложенная в работе, включает в себя использование различных методов анализа данных, что обеспечивает многомерный подход к оценке предприятия и его ресурсов. Научная значимость заключается также в разработке классификатора цифровых технологий, который позволяет стандартизировать и систематизировать процесс профилирования, а также в интеграции множества аналитических подходов для более полного понимания состояния предприятия. Это открывает новые горизонты

для дальнейших исследований в области цифровизации сельского хозяйства и может быть использовано для разработки государственных программ поддержки агропромышленного комплекса в условиях перехода к цифровой экономике [62].

Исследование также вносит вклад в формирование научной базы для оценки экономической эффективности внедрения цифровых технологий в растениеводстве. Разработка моделей и алгоритмов оценки экономической эффективности, основанных на результатах цифрового профилирования, позволяет объективно оценить влияние внедрения цифровых решений на производственные и финансовые показатели предприятия, создает основу для повышения конкурентоспособности СХО в условиях усиливающейся конкуренции и глобальных вызовов сельскому хозяйству [34].

Таким образом, данная работа носит и прикладной, и теоретический характер, направленный на развитие научных знаний в области цифровизации агропромышленного комплекса и формирование практических инструментов, необходимых для успешного внедрения цифровых технологий в растениеводство.

1. МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ СЕЛЬХОЗОРГАНИЗАЦИИ

1.1. Проблемы цифровой трансформации

Цифровая трансформация агропромышленного комплекса сталкивается с множеством проблем, которые возникают по ряду причин, в том числе из-за низкого уровня цифровой зрелости, специфических отраслевых и общеэкономических факторов. В современных условиях, когда конкуренция на рынке сельскохозяйственной продукции усиливается, эти проблемы обостряются и требуют системного подхода к их решению [5].

Одним из ключевых ограничений является недостаточное развитие точного земледелия, которое, будучи основой для управления сельскохозяйственными процессами, предполагает применение множества цифровых решений. Эти решения позволяют контролировать почти все аспекты растениеводства – от мониторинга состояния посевов до определения оптимального времени для сбора урожая. Однако на практике многие сельскохозяйственные предприятия не имеют доступа к таким технологиям, что препятствует развитию их производственного потенциала [6].

Кроме того, внедрение беспилотной сельскохозяйственной техники (авиационных и наземных систем) находится на начальном этапе, несмотря на то, что такие решения могли бы значительно повысить эффективность операций в поле и снизить нагрузку на трудовые ресурсы. Недостаточная интеграция цифровых платформ также ограничивает возможности сельхозпроизводителей оперативно получать государственную поддержку, что подчеркивает разрыв между стратегиями цифровизации и фактическим состоянием цифровых инфраструктур на местах [27].

Не менее проблемным является отсутствие цифрового сельскохозяйственного рынка: маркетплейсов и электронных торговых площадок, которые могли бы значительно расширить каналы сбыта

и улучшить доступ к конечному потребителю [10]. Такой рынок позволил бы не только сократить путь продукции к потребителю, но и обеспечить более эффективное ценообразование на сельскохозяйственные товары [75].

Отсутствие или, вернее, недостаточная открытость государственного фонда пространственных данных по землям сельскохозяйственного назначения для сельскохозяйственных организаций также представляет собой серьезную преграду на пути к цифровизации. Эти данные крайне важны для принятия обоснованных управленческих решений, поскольку точная информация о состоянии земель позволяет эффективно распределять ресурсы и прогнозировать урожайность.

Усложняют ситуацию и кадровые вопросы: сельское хозяйство остро нуждается в квалифицированных специалистах, обладающих знаниями в области цифровых технологий. Недостаток IT-специалистов приводит к замедлению процесса внедрения и адаптации инноваций, оставляя предприятие менее устойчивым перед рыночными вызовами. При этом неполное покрытие оптоволоконными и сотовыми сетями на сельскохозяйственных территориях затрудняет доступ к интернету, что непосредственно ограничивает возможности для эффективного использования цифровых решений [71].

Эти проблемы цифровизации становятся еще более очевидными в свете стратегических задач развития отрасли, направленных на повышение конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции, развитие электронных товарных бирж, оптимизацию сервисного обслуживания техники, внедрение геоинформационных систем и автоматизацию учета земель. Однако отсутствие системного подхода к решению указанных задач формирует определенные стратегические риски: принятие управленческих решений на основе некорректных данных, недостаток профильных специалистов и ограниченное внедрение IT-решений негативно сказываются на производительности труда [19].

Таким образом, необходимость в создании методологического аппарата цифрового профилирования, который позволит структурированно оценивать уровень цифровой зрелости и выявлять потреб-

ности как на уровне отдельных предприятий, так и на уровне управления АПК в целом, становится все более очевидной. Такой подход позволит выявить и сгладить ключевые барьеры цифровизации, а также определить направления, наиболее значимые для стратегического развития. Только путем формирования системного метода анализа цифровой зрелости можно преодолеть существующие проблемы и создать основу для устойчивой цифровой трансформации агропромышленного комплекса. Соотношение понятий цифрового профилирования и цифровой трансформации, а также зарубежные и отечественные научные подходы к рассматриваемой проблематике подробно рассмотрены в наших более ранних трудах [58].

1.2. Участники и объекты процесса цифрового профилирования

Цифровое профилирование сельскохозяйственных организаций можно формализовать как процесс сбора, анализа и оценки данных о текущем уровне внедрения информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в различных операционных и стратегических сферах предприятия. Целью данного процесса являются определение уровня цифровой зрелости предприятия, выявление уязвимых аспектов в структуре его цифровых решений и формирование комплекса рекомендаций для их совершенствования.

Математически цифровое профилирование можно представить в виде функциональной зависимости:

$$P = f(D, V, R), \quad (1)$$

где P – цифровое профилирование предприятия как комплексный процесс;

D – уровень цифровой зрелости, отражающий степень интеграции информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в ключевые процессы;

V – набор уязвимых мест в использовании ИКТ, включая идентификацию проблемных зон и оценку их влияния на производственные и управленческие процессы;

R – рекомендации по улучшению цифровых практик и реализации цифровой трансформации.

Участники процесса профилирования представляют собой группу специалистов и заинтересованных сторон, ответственных за сбор и анализ данных о цифровом состоянии предприятия, а также разработку рекомендаций о направлениях его цифровой трансформации.

Участниками могут быть как внутренние сотрудники предприятия (A_{int}) (IT-специалисты, агрономы, менеджеры по цифровым технологиям, а также инженеры, участвующие в исследовании и оценке цифровой зрелости, разработке подходов к цифровой стратегии), так и внешние консультанты (A_{ext}) (эксперты, аналитики и сторонние специалисты, участвующие в аудите и оценке эффективности применения ИКТ на обследуемом предприятии, а также в разработке рекомендаций).

Таким образом, общее число участников (A) можно выразить в виде формулы

$$A = A_{int} + A_{ext}. \quad (2)$$

Объекты процесса цифрового профилирования (O) могут включать в себя теоретически несколько ключевых категорий:

операционные процессы (O_{op}) – процессы, связанные с производственной деятельностью, включая управление полевыми работами, мониторинг урожайности, управление техникой и ресурсами;

управленческие процессы (O_{mg}) – процессы управления и принятия решений, в которых для повышения оперативности и обоснованности решений применяются ИКТ;

цифровая инфраструктура (O_{dig}) – набор информационных систем, оборудования и технологий, включая системы мониторинга и автоматизации, а также IoT-устройства, платформы для аналитики и предсказательной модели.

Таким образом, общий набор объектов цифрового профилирования можно представить в следующем виде:

$$O = O_{op} \cup O_{mg} \cup O_{dig}. \quad (3)$$

Итоговое значение цифровой зрелости можно выразить в виде агрегированного индекса, рассчитанного по формуле

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n d_i w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, \quad (4)$$

где d_i – уровень зрелости каждого объекта i -го (например, уровня зрелости автоматизации, степени использования аналитики и др.);

w_i – весовой коэффициент каждого объекта, определяющий его значимость для общей зрелости предприятия;

n – количество объектов профилирования.

Цифровое профилирование может служить не только для текущей оценки использования ИКТ, но и для формирования стратегической картины цифровой зрелости предприятия и потенциала его дальнейшей цифровой трансформации.

Таким образом, цифровое профилирование способствует реализации ключевой концепции цифровизации АПК, которая заключается в создании комплексной информационной системы, обеспечивающей всесторонний доступ к данным о состоянии и функционировании АПК на всех уровнях. Использование цифровых технологий позволяет не только собирать и анализировать информацию, но и применять её для оптимизации управления комплексом.

Цифровое профилирование предоставляет возможности для балансирования производственных процессов сельхозтоваропроизводителей в соответствии со стратегическими задачами развития, эффективного управления ресурсами и логистическими потоками, а также улучшения качества выпускаемой продукции, особенно ориентированной на экспортные рынки. Кроме того, цифровые инструменты позволяют быстрее и точнее достигать приоритетных целей, поставленных руководством органов управления и предприятий АПК, что повышает конкурентоспособность сектора на национальном и международном уровнях.

1.3. Критерии эффективности цифровизации сельхозорганизаций

Цели цифрового профилирования и оценки уровня цифровизации сельскохозяйственных предприятий опосредуются через те экономические эффекты, которые в конечном счете должны быть достигнуты в ходе цифровизации.

Для оценки экономической эффективности внедрения цифровых технологий применяются ключевые показатели, которые отражают следующие улучшения в производственных и экономических процессах предприятия:

увеличение производительности труда (ΔPT);

сокращение издержек на производство (ΔC);

увеличение выручки (ΔR). Внедрение цифровых технологий может способствовать росту выручки за счет увеличения объема производимой продукции и ее качества, а также расширения рынков сбыта;

сокращение времени производственного цикла (ΔT);

повышение качества продукции (ΔQ);

сокращение времени на обработку данных (ΔD). Позволяет ускорить управленческие процессы;

увеличение устойчивости к внешним изменениям (ΔS). Позволяет предприятию адаптироваться к колебаниям цен, климатическим изменениям и другим факторам [33].

Для определения экономической эффективности цифровизации необходимо учитывать затраты на приобретение, внедрение и поддержку цифровых технологий, которые включают в себя следующие траты:

на приобретение и лицензирование программного обеспечения, датчиков, IoT-устройств, метеостанций и др. (C_{software} и C_{hardware});

на обучение и повышение квалификации персонала, подготовку сотрудников к работе с цифровыми системами (C_{training});

на оплату труда IT-специалистов, ответственных за обслуживание цифровой инфраструктуры (C_{ITstaff});

на техническую поддержку, обслуживание, регулярное обновление оборудования и программного обеспечения (C_{support}).

Совокупные затраты на цифровизацию (C_{digital}) определяются по формуле

$$C_{\text{digital}} = C_{\text{software}} + C_{\text{hardware}} + C_{\text{training}} + C_{\text{ITstaff}} + C_{\text{support}}. \quad (5)$$

Экономический эффект от внедрения цифровых технологий составит разность эффектов, выраженных в денежном эквиваленте, и затрат:

$$E_{\text{net}} = (\Delta PT + \Delta C + \Delta R + \Delta T + \Delta Q + \Delta D + \Delta S) - C_{\text{digital}}, \quad (6)$$

где E_{net} – экономический эффект, учитывающий результаты и затраты на цифровизацию;

ΔPT – прирост производительности труда (в денежном эквиваленте);

ΔC – сокращение издержек на производство;

ΔR – увеличение выручки;

ΔT – сокращение времени производственного цикла (в денежном эквиваленте);

ΔQ – улучшение качества продукции (денежный эквивалент увеличения продаж и снижения брака);

ΔD – сокращение времени на обработку данных (в денежном эквиваленте увеличенной управленческой эффективности);

ΔS – прирост устойчивости к изменениям внешней среды (в денежной форме через предотвращенные потери);

C_{digital} – совокупные затраты на цифровизацию, произведенные для достижения этих улучшений.

Для понимания рентабельности цифровизации также можно опираться на показатель относительного экономического эффекта ($E_{\text{net,rel}}$, %), который показывает, насколько эффективными были затраты на цифровизацию относительно общих расходов предприятия:

$$E_{\text{net,rel}} = E_{\text{net}} / (C_0 + C_{\text{digital}}) \times 100\%, \quad (7)$$

где C_0 – издержки до цифровизации.

Положительное значение ($E_{\text{net}} > 0$) свидетельствует о том, что цифровизация приносит предприятию чистую выгоду.

Относительный показатель $E_{\text{net,rel}}$ показывает, насколько велика отдача от инвестиций в цифровую трансформацию сельскохозяйственной организации. Высокое значение указывает на то, что затраты окупаются и цифровые технологии повышают рентабельность растениеводческого бизнеса.

Таким образом, сформированный нами методический подход позволяет комплексно оценить экономическую эффективность внедрения цифровых технологий, что дает возможность принять обоснованное решение о целесообразности инвестиций в цифровую трансформацию, ориентируясь на реальные финансовые и операционные улучшения.

Кроме того, применяются показатели оценки экономической эффективности от внедрения цифровых технологий на сельхозпредприятии и затем суммарного подсчета эффекта на уровне агропромышленного комплекса, которые можно отнести к макроэффектам цифровизации:

доля и качество данных в государственных информационных системах, поступающих по электронным каналам от муниципальных образований и сельхозтоваропроизводителей;

иные индикаторы, установленные в распоряжении Правительства России от 23 ноября 2023 г. № 3309-р [51].

1.4. Оценка цифровой зрелости в растениеводстве

Возможна специализация сельскохозяйственных организаций на растениеводстве, животноводстве и других направлениях. Цифровое профилирование для них будет существенно различаться из-за специфики деятельности и особенностей производственных процессов [79]. Для растениеводческих предприятий цифровое профилирование охватывает оценку уровня цифровой зрелости в таких ключевых областях, как управление посевами, агротехнические мероприятия по уходу за растениями, применение удобрений и средств защиты, а также организация сбора и хранения урожая. В нормативно-правовом поле цифровые профили в растениеводстве представлены при-

казом Минцифры России от 18 ноября 2020 г. № 600 [48], их специфика рассмотрена нами ранее [41].

Особенностью растениеводческих предприятий является высокая доля затрат на горюче-смазочные материалы (ГСМ) в структуре производственной себестоимости, что обуславливает необходимость точного планирования маршрутов и рационального использования техники для минимизации этих расходов. Также важнейшей составляющей цифрового профилирования является анализ данных о погодных и климатических условиях, оказывающих непосредственное влияние на качество и стоимость агротехнологических мероприятий, так как погодные условия определяют оптимальные агросроки для посевных и уборочных работ [32]. Цифровое профилирование позволяет выявить порой неочевидные изъяны и наметить пути оптимизации календаря полевых работ, снижая риски неблагоприятных погодных воздействий, повышая устойчивость производственного цикла и достигая после цифровизации проблемных узлов существенной трансформации производственной себестоимости продукции (рис. 1).

Производственные процессы в растениеводстве отличаются высокой трудоемкостью, обусловленной сезонностью работ, которая накладывает значительные требования на администрирование. В результате для растениеводческих предприятий особенно актуальной становится задача мониторинга производительности и оценки эффективности работы полевых и административных сотрудников, так как объем и интенсивность работ меняются в зависимости от сезона.

Кроме того, среди таких особенностей растениеводства можно отметить пространственную и территориальную специфику данных, связанную с необходимостью управления большими земельными участками. Это требует разработки геопрограммных систем и использования спутниковых данных для картирования полей, учета зон различной продуктивности и оптимального распределения ресурсов. Интеграция данных с дронов, спутников и сенсоров в системы управления земельными ресурсами позволяет более точно планировать агротехнические мероприятия и эффективно распределять затраты [80].

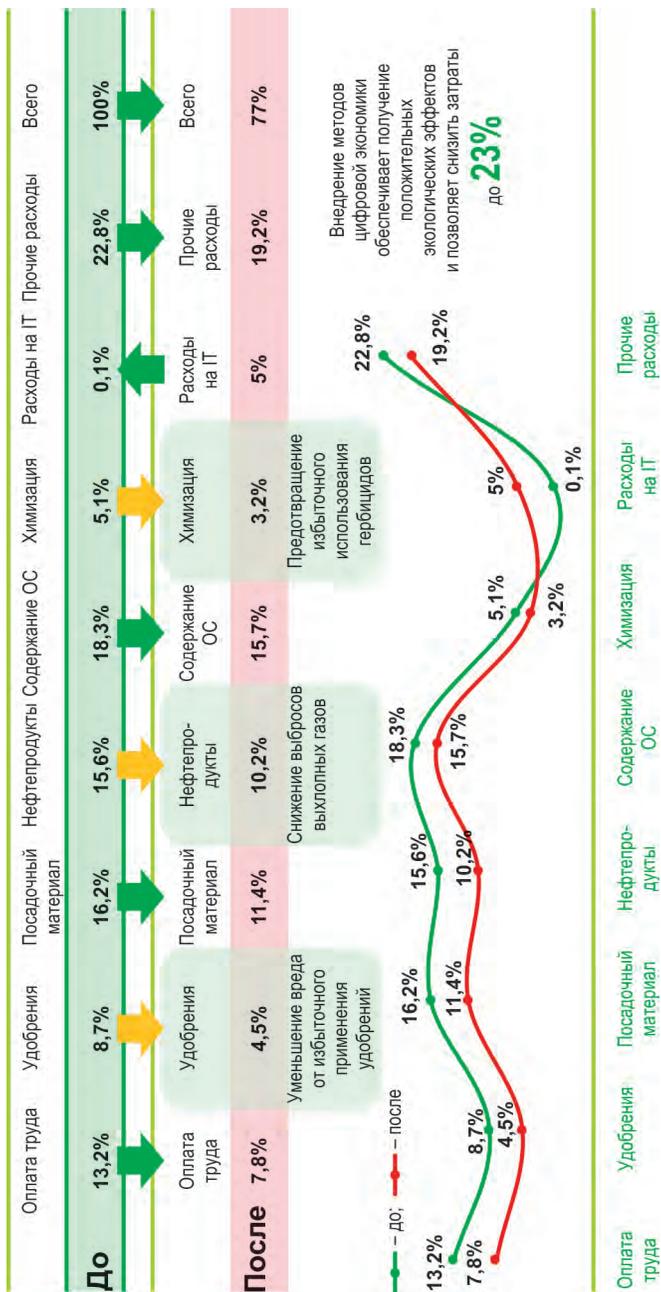


Рис. 1. Модель получения экономических эффектов после реализации требований цифрового профилирования по затратам в структуре себестоимости

Источник: [25].

Особое внимание в цифровом профилировании растениеводства также уделяется типу выращиваемых культур. Например, для высокоценных культур, таких как виноград, овощи или фруктовые деревья, требуется больше сенсоров и систем мониторинга для точного учета микроклиматических условий, что повышает затраты, но обеспечивает более высокое качество продукции. Пшеница или кукуруза требуют базового мониторинга и автоматизации, так как они менее чувствительны к изменениям условий выращивания [20].

Таким образом, цифровой профиль зрелости предприятия может варьироваться не только в зависимости от региона и масштабов, но и от типов выращиваемых культур, что обуславливает необходимость индивидуализированного подхода к цифровизации.

Ключевую роль в растениеводстве играют исторические данные, поскольку производственные результаты зависят от предыдущих циклов, состояния почвы, уровня внесения удобрений и соблюдения севооборота [53]. Интеграция данных за несколько сезонов позволяет выявлять долгосрочные тренды и прогнозировать урожайность, оптимально планировать агротехнические мероприятия.

Важной гипотезой является также связь цифровой зрелости с устойчивым развитием и экологическим мониторингом. Чем выше уровень цифровизации предприятия, тем более экологически ориентированным становится его производство, так как цифровые инструменты позволяют минимизировать использование удобрений и пестицидов, предотвращать чрезмерное потребление воды и сокращать выбросы CO₂ через оптимизацию маршрутов и времени работы сельхозтехники.

Большое значение в профилировании цифровой зрелости растениеводства имеют инновационные технологии. С развитием технологий появляется возможность использования цифровых двойников – виртуальных моделей полей, построенных на основе данных с сенсоров, спутников и метеостанций. Цифровые двойники позволяют моделировать различные сценарии, например для оценки воздействия погодных условий или изменений в составе удобрений, что помогает оптимизировать производственный цикл. В свою очередь,

машинное обучение и анализ изображений с дронов или спутников автоматизируют идентификацию болезней растений и вредителей, что повышает оперативность диагностики и позволяет быстрее реагировать на угрозы.

Рынок сельскохозяйственной продукции подвержен сезонным и региональным колебаниям, что требует от предприятия высокой гибкости в планировании поставок и управлении запасами [30]. Для скоропортящихся культур цифровые инструменты прогнозирования позволяют предприятию своевременно реагировать на изменения спроса, регулировать объемы производства и адаптировать цены в зависимости от конъюнктуры рынка, что помогает минимизировать потери и повысить рентабельность.

Таким образом, цифровое профилирование в растениеводстве охватывает широкий спектр задач, для которых необходимо комплексное решение.

Базовый набор бизнес-процессов растениеводческого предприятия представляет основу для построения схемы его цифрового профилирования, поскольку именно через эти процессы можно оценить текущее использование ИКТ, уровень цифровой зрелости и выявить уязвимые места. Цифровое профилирование сельскохозяйственных организаций в этом контексте следует рассматривать как процесс, включающий в себя сбор и анализ данных об использовании ИКТ в различных сферах деятельности предприятия, оценку уровня цифровой зрелости, выявление проблемных зон и разработку рекомендаций по повышению эффективности работы.

Основные бизнес-процессы растениеводческого предприятия в контексте цифрового профилирования охватывают как минимум 11 групп операций, объединенных в единый жизненный цикл создания стоимости продукции растениеводства (табл. 1).

Этот перечень может служить основой для цифрового профилирования сельхозтоваропроизводителя. При этом конкретное предприятие в зависимости от особенностей и специфики работы может дополнить список бизнес-процессов, который в идеале должен строиться на основе теоретических онтологических моделей [26].

Таблица 1

Перечень базовых бизнес-процессов в растениеводстве и эффекты от их цифрового профилирования

Процесс (содержание)	Работы при цифровом профилировании	Эффект
Планирование посевной кампании (определение культур для посева, распределение площадей, а также расчёт потребностей в семенах и удобрениях)	Сбор и анализ данных об использовании цифровых инструментов для планирования, таких как исторические данные о почвах, климатических условиях и прогнозах урожайности	Интеграция данных повышает точность планирования, оптимизирует распределение ресурсов, позволяет своевременно вносить изменения при изменении прогнозов
Закупка и хранение семян и удобрений (выбор поставщиков, заключение договоров, контроль качества и организации хранения продукции)	Анализ применения ИКТ для управления закупками и мониторинга запасов	Отслеживание сроков и качества поставок, оптимизация времени закупок, снижение рисков переполнения складов или нехватки ресурсов в сезонные пики
Приобретение рабочей силы (характерна сезонная занятость, требующая оперативного привлечения и управления персоналом)	Анализ использования цифровых инструментов для найма, распределения задач и учета рабочего времени	Минимизация затрат, оперативное реагирование на изменения в потребности рабочей силы
Приобретение сельскохозяйственной техники, оборудования и запчастей (приобретение, аренда или лизинг сельскохозяйственной техники и необходимого оборудования и запчастей)	Анализ использования систем для управления закупками и запасами оборудования	Отслеживание необходимости ремонта и замены компонентов, прогнозирование потребности в технике и оборудовании в зависимости от сезона, минимизация простоев, издержек на приобретение техники и поддержание ее готовности

Посевные работы (подготовка почвы, размещение растений и контроль качества посева)	Анализ использования навигационных и автоматизированных посевных систем, других ИКТ для контроля качества посадки, создание базы для последующего анализа эффективности выбранных методов	Повышение точности посадки и равномерности распределения растений увеличивает урожайность, снижает потребность в дополнительных агро-технических мероприятиях
Уход за сельскохозяйственными культурами (обработка посевов, полив, подкормка, защитные мероприятия и др.)	Анализ использования автоматизированных систем орошения, датчиков влажности, дронов и других технологий для мониторинга состояния растений	Оперативное выявление потребности растений в воде, удобрениях или обработке, прогнозирование рисков появления вредителей и заболеваний, снижение издержек на ресурсы, минимизация воздействия на окружающую среду
Уборка и хранение урожая (оценка зрелости растений, сбор урожая, первичная обработка и хранение)	Анализ использования ИКТ для оценки готовности урожая на основе прогнозов погодных условий, внедрение систем управления складом (датчики температуры, влажности и др.)	Обеспечение оптимальных условий хранения (важно для скоропортящихся культур) предотвращает порчу продукции, снижение потерь при хранении
Логистические операции (транспортировка удобрений, семян, запасных частей и других материалов, а также сельскохозяйственной продукции)	Анализ использования ИКТ для планирования и мониторинга логистических операций, управления маршрутами	Снижение времени транспортировки, улучшение качества обслуживания, снижение и оптимизация транспортных расходов
Логистика в растениеводстве (движение агрегата по полю)	Применение цифровых решений для построения маршрута агрегата	Прокладка наиболее оптимальных (экономичных) маршрутов, минимизация затрат на ГСМ, повышение производительности агрегатов

Продолжение табл. 1

Процесс (содержание)	Работы при цифровом профилировании	Эффект
Получение доступа к капиталу (оборотные средства, лизинг, другие финансовые продукты)	Выявление текущего уровня использования ИКТ для управления финансами (займы, кредиты и др.)	Своевременное привлечение средств, прогнозирование потребности в капитале, контроль выполнения финансовых обязательств, снижение финансовых рисков
Оценка и мониторинг производительности (анализ урожайности, затрат на производство и рентабельности)	Сбор и анализ данных об эффективности каждого этапа с использованием аналитических ИКТ	Оценка рентабельности мероприятий, выявление сильных и слабых сторон текущих подходов, определение возможностей для их оптимизации
Финансовый учет (контроль затрат, составление бюджета, учет доходов и расходов, подготовка отчетности)	Анализ применения ИКТ для автоматизации финансового учета	Отслеживание расхода ресурсов в режиме реального времени, формирование отчетов, адаптация бюджетных показателей к изменениям в производственных условиях, снижение вероятности ошибок, повышение прозрачности затрат, предоставление данных для стратегического планирования

Источник: составлено автором.

Процесс цифрового профилирования в каждом бизнес-процессе предполагает достижение определенного результата.

Например, при выполнении бизнес-процесса «планирование посевной кампании» в традиционном формате (подход «как есть») растениеводческие предприятия используют упрощенные подходы, основанные на прошлогодних данных, опыте специалистов и ограниченных информационных ресурсах. Это снижает точность и обоснованность принимаемых решений, увеличивает операционные издержки, ограничивает потенциал для повышения производственных показателей и возможностей адаптации к изменяющимся условиям, в которых работает предприятие.

Проведение цифрового профилирования позволяет предприятию перейти от традиционного формата планирования к пониманию того, какими путями можно перейти к более высокоавтоматизированной и адаптивной системе управления растениеводством на основе интеграции климатических, почвенных и рыночных данных в режиме реального времени. Реализация проектного состояния («как надо») предполагает существенное повышение точности и эффективности процесса. Каждый элемент процесса планирования посевной кампании получает комплексную поддержку цифровых инструментов, что позволяет предприятию достичь значительного экономического эффекта [45].

Внедрение систем автоматизированного мониторинга микроклимата и почв дает возможность сократить затраты на проведение анализов и привлечение внешних специалистов на 10-15%, что сокращает возможность издержки до 300 тыс. руб. в год для хозяйств среднего размера. Регулярное обновление данных снижает риски потерь урожая вследствие погодных аномалий или несоответствия почвенных условий требованиям культуры на 5-10%, что может предотвратить убытки в размере до 2-3 млн руб. (при средней выручке в 40 млн руб. на 1 тыс. га).

Использование инструментов прогнозной аналитики и моделей на основе машинного обучения позволяет повысить точность планирования и снизить затраты на 5-7%, что может обеспечить экономию в пределах 1-1,5 млн руб. на 1 тыс. га. Оптимизация распределения

культур и ресурсов может увеличить выручку на 3-4%, что принесет дополнительно до 1 млн руб. на 1 тыс. га.

Интеграция данных о состоянии почвы, климате и рынке позволяет точно рассчитать потребность в семенах, удобрениях и других ресурсах, сократив избыточные закупки на 10-15% (для хозяйства с бюджетом на закупки в размере 5 млн руб. на 1 тыс. га это эквивалентно экономии в пределах 750 тыс. руб.) [53]. Снижение избыточных запасов удобрений и семян уменьшает затраты на хранение на 10% (экономия до 500 тыс. руб. в год).

Оснащение предприятия датчиками и дронами для мониторинга состояния полей позволяет оптимизировать расходы на полив и подкормку, что снижает затраты на воду и удобрения на 10% (экономия до 300 тыс. руб. в год на 1 тыс. га). Мониторинг в режиме реального времени позволяет своевременно корректировать план мероприятий и увеличивать урожайность на 2-3% (около 1 млн руб. на 1 тыс. га).

Применение цифровых решений для анализа рыночных условий дает возможность адаптировать планы под актуальные рыночные требования, что повышает доходность на 3-5% (1,2 млн руб. на 1 тыс. га); создание цифрового двойника полей – оптимизировать агротехнические мероприятия, сокращая затраты на удобрения и использование техники на 10-15% (до 1 млн руб. на 1 тыс. га). Применение цифровых двойников также снижает риск потерь урожая из-за неблагоприятных погодных условий или ошибок в планировании, что может предотвратить убытки до 1,5 млн руб. ежегодно.

Таким образом, реализация цифрового профилирования только на бизнес-процессе «планирование посевной кампании» позволяет предприятию экономить на производственных затратах до 3 млн руб. (на 1 тыс. га), получать дополнительный доход за счет повышения урожайности и гибкого планирования до 2 млн, сократить потери от рисков до 1,5 млн, что в совокупности составляет около 6,5 млн руб. в год (на 1 тыс. га) и обеспечивает значительный рост рентабельности и конкурентоспособности растениеводческого предприятия [45].

Таким образом, процесс цифрового профилирования на этапе «планирование посевной кампании» заключается в анализе данных

этого бизнес-процесса с помощью соответствующих средств их сбора и обработки. Результат этого процесса – получение цифрового профиля сельхозтоваропроизводителя, который отображает уровень обеспеченности данными в части планирования посевной кампании, а также позволяет оптимизировать процесс планирования, принимая во внимание меняющиеся факторы (погода, почва, рынок и др.), обеспечивает основу для более устойчивого и прибыльного ведения растениеводческого бизнеса, имея возможность гибко адаптироваться к изменениям внешней среды и укреплять конкурентные позиции на аграрном рынке.

1.5. Методы анализа данных при цифровом профилировании

Цифровое профилирование сельскохозяйственных предприятий представляет собой процесс, направленный на сбор, анализ и оценку данных с целью определения уровня цифровой зрелости и выявления зон для дальнейшего совершенствования. В процессе цифрового профилирования используются разнообразные методы анализа данных, выбор которых определяется сложностью и характером анализируемых сущностей в бизнес-процессах растениеводческого предприятия [38].

Кластерный анализ является одним из наиболее широко применяемых методов, особенно в тех случаях, когда требуется классифицировать и сегментировать гетерогенные объекты, такие как сельскохозяйственные культуры, почвы или используемая техника. Многообразие характеристик анализируемых объектов требует выделения групп со схожими свойствами, что позволяет упростить процесс управления ими и оптимизировать производственные операции. В контексте растениеводства кластеризация, например, может быть использована для разделения участков земли на классы в зависимости от типа почвы и агроклиматических условий, что способствует более точечному планированию агротехнических мер и посевных работ.

Факторный анализ, в свою очередь, применяется в тех случаях, когда необходимо выявить скрытые факторы, влияющие на производственные показатели. Сельскохозяйственное производство, как правило, подвержено влиянию множества переменных, таких как качество почвы, уровень влажности, тип применяемых удобрений и климатические условия. Факторный анализ помогает выделить ключевые факторы, оказывающие наибольшее воздействие на конечные результаты, что упрощает управление ресурсами и позволяет сосредоточиться на наиболее значимых аспектах для повышения урожайности [72].

Регрессионный анализ находит свое применение в задачах, где необходимо установить количественные зависимости между различными параметрами. Например, анализ влияния уровня освещенности, температуры и влажности на урожайность культур требует построения регрессионных моделей, способных учитывать все эти факторы и выявлять связи между ними. Сложность таких моделей заключается в необходимости точного учета всех взаимосвязей и возможных нелинейных эффектов, что позволяет проводить более точные прогнозы и планировать соответствующие агротехнические мероприятия.

Когда речь идет об обработке больших объемов данных, особое значение приобретают методы машинного обучения. В растениеводческом бизнесе, особенно в случае необходимости быстрого анализа данных с множества сенсоров, методы машинного обучения позволяют строить предсказательные модели для прогнозирования урожайности, оценки состояния почвы и обнаружения заболеваний растений. Алгоритмы машинного обучения способны находить скрытые паттерны и взаимодействия в данных, что особенно важно при обработке больших и динамических массивов нечетких данных, когда необходимо принимать оперативные решения [61].

Геоинформационные системы (ГИС) играют ключевую роль в пространственном анализе данных, таких как характеристика почвы, рельеф местности или распределение урожайности. Пространственный контекст для анализа крайне важен в условиях разнообразных ландшафтных условий и различий в составе почвы. Применение

ГИС-технологий позволяет создавать точные карты, визуализирующие различные параметры поля, и поддерживать принятие решений, основанных на территориальных особенностях. Это, в свою очередь, повышает точность планирования и управления сельскохозяйственными мероприятиями.

Анализ временных рядов применяется для изучения динамических процессов, таких как изменения урожайности или эффективность использования удобрений с течением времени. В растениеводстве такие процессы характеризуются высоким уровнем изменчивости, обусловленной сезонными колебаниями. Анализ временных рядов позволяет учитывать цикличность изменений, прогнозировать будущие значения показателей и адаптировать производственные процессы к изменяющимся условиям, что особенно важно для долгосрочного планирования и повышения устойчивости к внешним воздействиям.

Оценка уровня цифровой зрелости сельхозтехники и оборудования требует применения дополнительных методов, которые выходят за рамки классических подходов к анализу данных. Одним из таких методов является анализ жизненного цикла (Lifecycle Analysis, LCA), который рассматривает все этапы жизненного цикла техники – от проектирования и производства до эксплуатации и утилизации. Анализ жизненного цикла позволяет выявить, насколько эффективно техника использует цифровые компоненты на каждом этапе, а также определить, какие элементы требуют модернизации для повышения уровня цифровой зрелости [85].

Не менее важным методом является оценка показателей надежности и производительности техники. В сельском хозяйстве показатели надежности техники (например, среднее время между отказами, среднее время на ремонт) позволяют определить, насколько эффективно техника работает в реальных условиях и какие узлы требуют доработки для повышения ее производительности. Эти данные могут быть использованы для формирования рекомендаций по модернизации техники и повышения ее эксплуатационной эффективности.

Оценка автоматизации с использованием индекса автоматизации позволяет количественно оценить степень внедрения цифро-

вых решений в технику и оборудование. Индекс автоматизации как композитный элемент общего индекса цифровизации отражает степень интеграции интеллектуальных систем управления, таких как GPS-навигация, автоматические контроллеры и сенсоры [16]. Этот показатель помогает классифицировать технику по уровню ее цифровой зрелости и выявить направления для дальнейшего совершенствования.

Также важно учитывать степень интеграции техники с информационно-коммуникационными системами предприятия [12]. Оценка такой интеграции позволяет понять, насколько техника подключена к общей цифровой экосистеме предприятия, насколько эффективно она взаимодействует с централизованными системами управления, такими как ERP или FMS, и использует ли современные протоколы передачи данных для обмена информацией.

Диагностический анализ, основанный на данных, полученных с сенсоров, установленных на технике, является важным элементом оценки уровня цифровой зрелости. Этот анализ позволяет осуществлять мониторинг состояния ключевых узлов и компонентов, выявлять потенциальные проблемы до их появления и формировать цифровой профиль оборудования, включающий в себя информацию о состоянии важных элементов: тракторов, уборочной техники, автотранспорта и др. [39].

Анализ данных о затратах на эксплуатацию, обслуживание и ремонт оборудования позволяет оценить экономическую эффективность внедрения цифровых технологий [73]. Это позволяет выявить наиболее дорогостоящие в обслуживании элементы техники и оценить целесообразность модернизации для снижения затрат и повышения эффективности использования.

Выбор методов анализа при цифровом профилировании растениеводческого предприятия зависит от сложности анализируемых сущностей и их характеристик. Простые сущности, такие как классификация типов почв или культур, могут быть успешно проанализированы с использованием кластерного анализа. В случае сложных многомерных взаимодействий, таких как влияние климатических факторов на урожайность, целесообразно применять регрессионные

и факторные анализы, а также методы машинного обучения. Цифровое профилирование сельхозтехники требует учета специфических аспектов (надежность, автоматизация и интеграция с информационными системами), что достигается использованием дополнительных методов анализа.

Цифровые решения в агропромышленном комплексе играют двойственную роль: они одновременно выступают и в качестве инструмента цифрового профилирования, и в качестве объекта исследования в рамках оценки уровня цифровой зрелости. Процесс цифрового профилирования предполагает использование различных программных решений для сбора, обработки и анализа данных о текущем состоянии сельхозтоваропроизводителя, что позволяет выявить уязвимости, определить потенциал для улучшения, а также разработать рекомендации по повышению уровня цифровой зрелости предприятия. Например, специализированное программное обеспечение, предназначенное для диагностики и мониторинга состояния серверного оборудования, является инструментом цифрового профилирования, а результаты анализа (данные о состоянии серверов, обнаруженные уязвимости, информационная безопасность и др.) становятся объектом исследования, способствующим повышению устойчивости ИТ-инфраструктуры [64].

Такое двойственное использование цифровых технологий в процессе профилирования создает дополнительную сложность, но и раскрывает новые возможности для анализа и трансформации предприятия. В этом контексте важно упомянуть классификатор цифровых технологий, который может стать ключевым инструментом для систематизации процессов, связанных с цифровой трансформацией сельхозтоваропроизводителей [45]. Он позволяет выделить различные типы технологий; анализировать, какие технологии уже внедрены и как они влияют на производительность, какие компоненты требуют модернизации, какие новые цифровые решения могут быть применены для дальнейшего улучшения, в том числе в экспериментальном режиме [46].

Процесс цифрового профилирования, осуществляемый с использованием классификатора технологий, можно представить в

виде многоэтапного процесса, включающего в себя определение уровня цифровой зрелости, цифровую трансформацию на основе результатов профилирования и последующее управление данными и технологиями. В этом смысле цифровое профилирование является исходным этапом, в рамках которого проводится тщательный анализ текущего состояния сельхозтоваропроизводителя и составляется цифровой профиль, отражающий все ключевые параметры и характеристики предприятия. Этот профиль становится основой для принятия решений о дальнейших шагах в цифровой трансформации.

Цифровая зрелость сельхозтоваропроизводителя определяется тем, насколько эффективно внедрены и интегрированы цифровые технологии в основные бизнес-процессы предприятия. На основе полученного цифрового профиля можно выделить ключевые элементы, которые подлежат трансформации, а также разработать дорожную карту, направленную на повышение уровня цифровой зрелости. Это включает в себя обновление оборудования, интеграцию новых программных решений, обучение персонала и модернизацию управленческих процессов [86]. Таким образом, классификатор цифровых технологий помогает структурировать подход к внедрению цифровых решений, определить приоритеты и расставить акценты на наиболее значимых аспектах.

После завершения этапа цифровой трансформации важным становится управление данными в хозяйстве, которое включает в себя сбор, обработку, хранение и анализ всех данных, поступающих от сенсоров, устройств и других элементов цифровой инфраструктуры. Цифровые технологии, внедренные в рамках трансформации, начинают активно взаимодействовать между собой, создавая единую экосистему, в которой информация передается и используется для повышения эффективности бизнес-процессов [28]. Например, данные, поступающие от сельхозтехники и сенсоров почвы, могут использоваться для оперативного управления агротехническими операциями, что позволяет сократить издержки, повысить урожайность и уменьшить влияние человеческого фактора на принятие решений.

Классификатор цифровых технологий становится важным элементом не только на этапе анализа, но и на этапе управления. С его помощью можно мониторить эффективность использования тех или иных решений, определять их влияние на производственные и финансовые показатели и при необходимости вносить корректировки в стратегию управления цифровыми активами предприятия. Использование классификатора позволяет унифицировать процессы анализа и управления, что существенно упрощает взаимодействие между различными подразделениями предприятия и улучшает прозрачность в принятии решений.

Применение классификатора технологий и других аналитических инструментов способствует повышению устойчивости сельхозтоваропроизводителя к внешним вызовам и меняющимся условиям.

Классификатор цифровых технологий и другие аналитические методы играют ключевую роль в процессе цифрового профилирования и трансформации сельхозтоваропроизводителей [45]. Они обеспечивают комплексный подход к анализу и управлению предприятием, позволяют выявлять слабые места и определять возможности для роста, а также способствуют эффективному использованию цифровых решений на всех этапах хозяйственной деятельности (рис. 2).



Рис. 2. Роль цифровых технологий в процессе цифровой трансформации

Источник: составлено авторами.

Таким образом, для создания цифрового профиля могут быть использованы различные методики и инструменты анализа данных, однако практика показывает, что главными способами сбора данных по-прежнему являются такие инструменты, как опросы, анализ отчетности, интервью с сотрудниками сельхозтоваропроизводителя [71].

1.6. Классификация целевых моделей цифровизации сельхозтоваропроизводителей в растениеводстве

Целевые модели цифровизации сельхозтоваропроизводителей в растениеводстве можно классифицировать и разработать в зависимости от уровня цифровой зрелости, специфики предприятия и его стратегических целей [41]. Эти модели можно рассматривать в контексте этапов цифровой трансформации и уровней цифровой зрелости, к которым сельхозпредприятие может стремиться для достижения конечных целей: повышения эффективности бизнес-процессов и роста конкурентоспособности (табл. 2).

Целевые модели цифровизации растениеводческих предприятий можно адаптировать и комбинировать в зависимости от конкретных потребностей и возможностей растениеводческого предприятия, а также уровня его цифровой зрелости на текущий момент. Каждая модель предоставляет четкий набор ИТ-решений, необходимых и достаточных для модернизации ИТ-инфраструктуры предприятия или, в принципе, ее создания и внедрения технологий, начиная с базовой автоматизации и заканчивая полной цифровой трансформацией растениеводческого предприятия и его интеграцией в возможности цифровых экосистем АПК [73].

Таблица 2

Целевые модели цифровизации в растениеводстве

Целевая модель (уровень цифровой зрелости)	Содержание	Ключевые компоненты* (назначение)
Начальная автоматизация (начальный)	Создание структурированного цифрового подхода к управлению данными и планированию на уровне хозяйства [42]. Фокус на начальной цифровизации базовых процессов, которые помогают автоматизировать и структурировать управление данными и операциями на предприятии	Мобильные приложения и цифровые формы (запись данных о полевых работах, мониторинга состояния культур, учета ресурсов (удобрений, семян и др.). Электронные таблицы и релятивные базы данных (хранение и анализ данных о посевах, урожае и ресурсах). Первичные метеостанции (мониторинг погодных условий в полях)
Автоматизация процессов (средний)	Переход от базовой автоматизации к более интегрированному управлению бизнес-процессами с применением современных IT-решений и начальной аналитики данных. Главная цель – повышение точности и эффективности выполнения полевых работ, снижение затрат на ресурсы и улучшение контроля состояния полей	Системы управления сельскохозйственным предприятием (FMS) (управление посевами, отслеживание состояния полей и ресурсов, контроль выполнения работ и учета техники). Геоинформационные системы (ГИС) (управление маршрутами техники и их оптимизация, а также оптимизация контроля посевных работ). Системы параллельного вождения и автопилоты (автоматизация работы агрегатов с использованием GPS- или ГЛОНАСС-навигации). Автоматические системы орошения (контроль и управление поливом на основе данных о влажности почвы и погодных условий)

Продолжение табл. 2

Целевая модель (уровень цифровой зрелости)	Содержание	Ключевые компоненты* (назначение)
Цифровой мониторинг и управление на основе данных (высокий)	Создание системы, позволяющей в режиме реального времени контролировать и управлять всеми этапами жизненного цикла сельскохозяйственного производства, повышая точность технологических операций и производительность факторов производства	Интернет вещей (IoT) (датчики для мониторинга почвы, влажности, температуры и состояния вегетации растений для сбора и анализа данных в режиме реального времени). Беспилотные авиационные системы (БАС) и спутниковые снимки (высокоточная оценка состояния посевов; выявление вредителей, недостаток влаги, болезней и др.). Платформы для анализа данных (BI-системы и различные платформы) (прогноз урожайности на основе оперативных данных от IoT и оценки эффективности технологических операций). Цифровые двойники полей (прогноз урожайности, оптимизация внесения удобрений, применение средств защиты растений и др.).
Интегрированная аналитика и принятие решений на основе AI/ML (аналитический)	Рассчитана на использование передовых технологий анализа данных и машинного обучения для более точного прогнозирования и автоматического управления процессами. Основная решаемая задача внедренной модели – использовать интеллектуальную автономную систему управления, которая мини-	Платформы на основе искусственного интеллекта (AI) – модульные системы для анализа больших данных, которые собираются с полей, сельхозтехники и метеостанций (прогноз урожайности, оптимизация использования средств и планирование полевых работ). Системы поддержки принятия решений (СППР, DSS) (принятие решений на основе трансформированных данных и продвинутых аналитических моделей).

<p>Полная цифровая трансформация и интеграция в цифровую экосистему АПК (совершенный)</p>	<p>мизирует человеческий фактор и позволяет использовать данные для улучшения всех аспектов сельскохозяйственного производства</p>	<p>Автономные системы управления техникой (использование сельхозтехники с функциями автопилота и автоматического управления на основе данных, поступающих с устройств интернета вещей и СППР), Автоматизация логистики и учета ресурсов (интеграция систем управления складской и транспортной логистикой)</p>
<p>Высший уровень цифровой зрелости, сельхозтоваропроизводитель становится частью комплексной цифровой экосистемы и использует передовые технологии государственных и иных платформ АПК для получения конкурентной информации о развитии рынков, имеет возможности для полного контроля и оптимизации всех бизнес-процессов на растениеводческом предприятии</p>	<p>Высший уровень цифровой зрелости, сельхозтоваропроизводитель становится частью комплексной цифровой экосистемы и использует передовые технологии государственных и иных платформ АПК для получения конкурентной информации о развитии рынков, имеет возможности для полного контроля и оптимизации всех бизнес-процессов на растениеводческом предприятии</p>	<p>Платформы управления цепочкой поставок (SCM) (управление всей цепочкой создания стоимости – от подготовки полей до продажи конечного продукта). Платформы распределенного реестра – блокчейн (обеспечение, прозрачности, отслеживания и регистрации всех хозяйственных, производственных и торговых операций и процессов) [90]. Платформы интеграции с государственными и частными платформами (получение субсидий, расширение рынка сбыта, упрощение взаимодействия с партнерами, приобретение заемного и иного капитала); облачные платформы и решения для больших данных (интеграция всех систем и данных растениеводческого предприятия и анализ релевантной информации о состоянии рынков АПК из разных источников в едином интерфейсе, управление процессами)</p>

*Компоненты более высокого уровня включают в себя компоненты предыдущих уровней.

Источник: составлено авторами.

1.7. IT-решения для оценки цифровой зрелости растениеводческого бизнеса

Анализ и обобщение информации об IT-решениях, позволяющих проводить оценку цифровой зрелости растениеводческого бизнеса, включают в себя выявление наличия на конкретном предприятии различных платформ и инструментов, которые помогают систематически собирать данные, анализировать их и оценивать уровень зрелости сельхозорганизации. Цифровая зрелость оценивается на основе уровня внедрения цифровых технологий и поддерживающего их оборудования, уровня автоматизации бизнес-процессов и качества использования данных в принятии руководством и линейным персоналом управленческих и производственных решений [73]. В современном высокоразвитом сельскохозяйственном производстве применяются следующие основные IT-решения и инструменты [17].

Платформы управления сельскохозяйственным предприятием (FMS – Farm Management Systems) – комплексные решения, позволяющие управлять различными аспектами сельскохозяйственного бизнеса – от планирования полевых работ до управления ресурсами и анализа данных. Такие системы интегрируют информацию о посевных, погодных условиях, ресурсах и финансовых показателях, что позволяет оценивать уровень цифровизации и зрелости управления процессами. На российском рынке распространены «Геомир Агро» (предоставляет возможность управления полями, позволяет вести учет ресурсов, осуществляет мониторинг состояния посевов и анализа данных, а также позволяет оценивать, насколько процессы автоматизированы и интегрированы); «Поле.рф» (осуществляет сбор и анализ данных с полей, управление техникой и ресурсами, что помогает оценить уровень зрелости процессов и использовать данные для оптимизации решений); «Агросигнал» (сервис мониторинга и планирования полевых работ, который анализирует данные о посевах, технике и ресурсах, помогает оценивать зрелость на основе автоматизации и использования данных для управления).

Киберфизические платформы сбора, передачи, мониторинга и анализа данных (IoT) – позволяют собирать и анализировать

данные в режиме реального времени. Это важный фактор в оценке цифровой зрелости, так как показывает, насколько предприятие использует современные технологии, прежде всего сбора данных в цифровом режиме для целей мониторинга и управления процессами создания стоимости сельхозпродукции. Наиболее известные: ALAN IoT Application (облачная IoT-платформа, собирающая данные с датчиков (влажность почвы, температура воздуха, состояние растений) и позволяющая проводить анализ и визуализацию данных в режиме реального времени) [54] или John Deere Operations Center (платформа для управления техникой и мониторинга работы полей, позволяющая оценить уровень автоматизации полевых процессов и интеграцию данных с техникой).

Системы для дистанционного мониторинга помогают с помощью БАС и спутниковых снимков собрать точные цифровые данные о состоянии посевов, вегетации сельскохозяйственных культур, оценить состояние полей и интегрировать данные в общую систему управления («Геоскан», «ТерраТех», «СканЭкс» и др.).

Платформы для анализа цифровой зрелости (Digital Maturity Assessment Tools) – специализированные инструменты для автоматизации оценки цифровой зрелости предприятия на основе данных о текущем использовании технологий, уровня автоматизации и интеграции процессов. На российском рынке подобных IT-продуктов нет, среди зарубежных разработок можно отметить следующие: BCG Digital Acceleration Index (инструмент для оценки цифровой зрелости, который позволяет структурированно собрать данные о текущих процессах и технологиях, используемых на предприятии, и сравнить их с отраслевыми стандартами и бенчмарками), Gartner Digital Maturity Assessment (предлагает подробный опросник и методологию для оценки зрелости, позволяет фермерским хозяйствам и сельхозорганизациям структурированно анализировать уровень цифровизации и выстраивать стратегию улучшения на основе полученных данных).

BI-системы и платформы для визуализации данных позволяют осуществлять по коннекторам интеграцию данных из разносортных баз данных и визуализировать в едином пользовательском

интерфейсе данные о состоянии бизнес-процессов и использовании ресурсов через сервисную шину предприятия, помогая тем самым оценивать эффективность текущих решений и уровень их автоматизации. Продуктов данного класса достаточно много на рынке, как российских (Cubisio, Visiology), так и зарубежных (Microsoft Power BI, Tableau) [57]. Этот класс решений обеспечивает создание панелей управления и отчетов, которые наглядно отображают данные о цифровизации процессов, использовании сельхозтехники и ресурсов; позволяет анализировать информацию из разных систем и источников (базы данных, датчики, ERP, FMS) и на основе данных определять уровень зрелости бизнеса (рис. 3).

ERP-системы и их модули для агробизнеса позволяют централизовать управление и учет всех финансово-хозяйственных процессов предприятия. Интеграция таких учетных систем показывает высокий уровень цифровой зрелости, так как они объединяют данные о производственных, логистических и финансовых процессах. На российском рынке представлены комплексная система «1С: Предприятие 8. ERP Агропромышленный комплекс» и его кастомные модификации для различных отраслей сельского хозяйства. Данная система включает в себя модули для учета полевых работ, управления сельхозтехникой, учета затрат и планирования сельхозработ, что позволяет централизованно управлять производственными процессами и оценивать уровень зрелости на основе интеграции данных в программе «1С» (рис. 4).

Система SAP Agriculture включает в себя ERP-систему как один из элементов своей экосистемы, обеспечивая полный спектр инструментов для управления агробизнесом, в том числе управление запасами, производством, финансами и цепочкой поставок с применением искусственного интеллекта. Позволяет анализировать зрелость процессов на уровне ERP и искусственного интеллекта, оптимизируя их на основе данных (рис. 5).

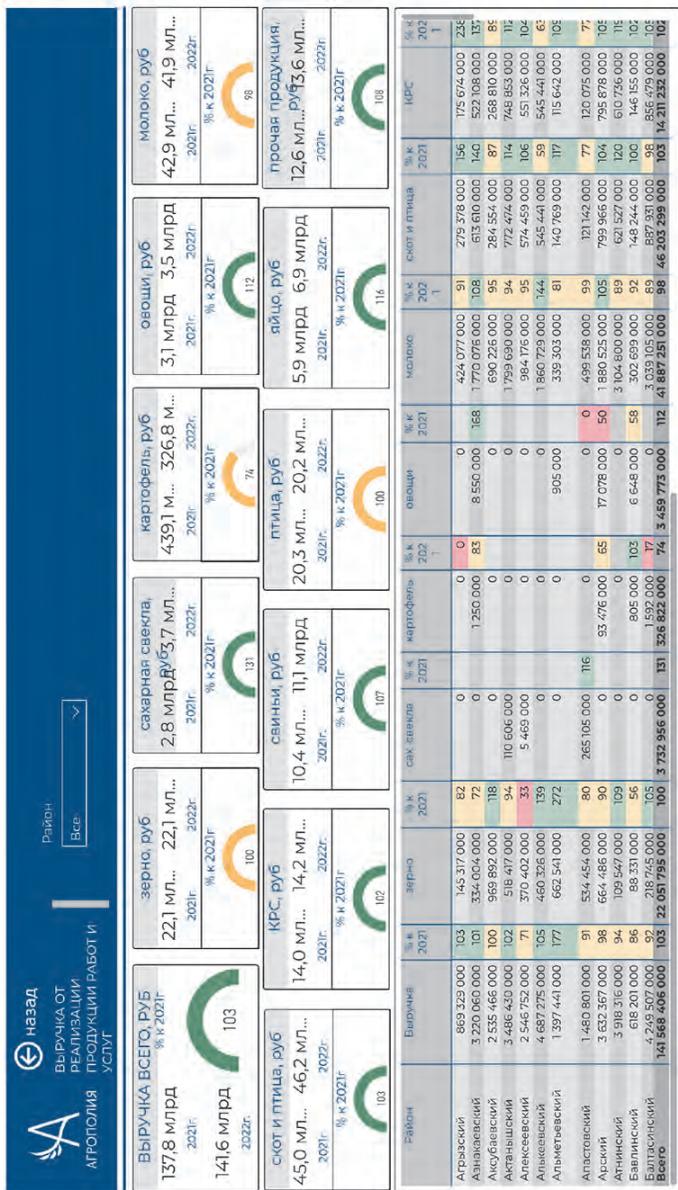


Рис. 3. Система интеллектуального анализа данных (VI-система) «Агрополиа», разработчик АО «РИЦ»

Источник: Государственная информационная система агропромышленного комплекса Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Татарстан [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agropoliya.ru>



1С:ERP АПК. Технологическая карта

Технологическая карта на поле НВ00-000001 от 01.11.2021 0:00:00

Основной | Месячные работы (14) | Транспортные работы (3) | Ручные работы (8) | Услуги | Выпуск (2) | Комментарий

Период выполнения	Вид работы	Характеристика	Объем работ			Техника	Оборудование	ЕО	СМ	Чаши
			Гк	Тн	Доп					
15.07.2021	20.07.2021	Внесение удобрений	Норма внесения: 2-3 ц/га	45,000	2,2	МТЗ-82	Разбрызгиватель упр.	1	1,0	7,3
19.07.2021	30.07.2021	Разрушение, Погулка упр.	Норма внесения: от 2 ц/га	45,000		МТЗ-12-21	Потурки упр.	1		
22.07.2021	25.07.2021	Дополнение и лушение с...	Длина тона: 800-1000; Глубина обработки...	45,000		Джип Дев	Дополнительный агрегат...	1	2,1	15,0
05.08.2021	08.08.2021	Дополнение и лушение с...	Длина тона: 800-1000; Глубина обработки...	45,000		Джип Дев	Дополнительный агрегат...	1	2,1	15,0
05.08.2021	10.08.2021	Культурный	Глубина обработки: 6-8; Длина тона: 600...	45,000		МТЗ-20-22.3	Культурный КМ-8Т...	1	1,5	10,2
05.07.2021	10.09.2021	Сев зерновых с упр.	Длина тона: 800-1000; Норма внесения...	45,000	10,4	МТЗ-20-22.3	Сеялка мод."С-0450"	1	1,2	8,3
20.03.2022	25.03.2022	Внесение удобрений	Норма внесения: 2-3 ц/га	45,000	1,1	МТЗ-82	Разбрызгиватель упр.	1	1,0	7,3
20.03.2022	25.03.2022	Разрушение, Погулка упр.	Норма внесения: от 2 ц/га	45,000		МТЗ-12-21	Потурки упр.	1		
07.05.2022	30.06.2022	Опрыскивание	Длина тона: 800-1000; Норма внесения...	45,000	0,1	МТЗ-82	Опрыскиватель АДУ...	1	1,2	8,5
07.05.2022	30.06.2022	Плоско ковы для отрыва...	Длина тона: 800-1000; Объем: АДУ-300...	45,000		МТЗ-82	Бокс ВР-3	1	1,2	8,5
01.05.2022	05.05.2022	Внесение удобрений	Норма внесения: 2-3 ц/га	45,000	1,1	МТЗ-82	Разбрызгиватель упр.	1	1,0	7,3
01.05.2022	05.05.2022	Разрушение, Погулка упр.	Норма внесения: от 2 ц/га	45,000		МТЗ-12-21	Потурки упр.	1		

Материалы

Материал	Характеристика	Ед.	Норма расхода на 1 га	Количество	Цена	Сумма
Грунт ковы		л/га(л)	1,050	47,250	118,64	5,605,74
Дерев. Породы ВД		кг	0,060	2,700	3,965,80	10,707,52
Древесина Экстракт КС		л/га(л)	0,140	6,300	1,064,00	6,703,20
Калибры		кг	0,035	1,575	6,425,00	10,119,38
Грунт Супер 7.5-36M		л/га(л)	0,800	36,000	814,19	29,310,84
Рез Дир		л/га(л)	0,500	22,500	1,148,21	25,836,69

Рис. 4. Система 1С:Предприятие 8. ERP, окно «Технологическая карта»

Источник: <https://solutions.1c.ru/agro>



Рис. 5. Система SAP Agriculture, окно «Аналитика данных»

Источник: <https://www.sap.com/industries/agribusiness.html>

Программное обеспечение для моделирования бизнес-процессов (BPM) позволяет моделировать и анализировать бизнес-процессы, что важно для оценки уровня зрелости и автоматизации. Анализ и моделирование бизнес-процессов на агропредприятии помогают не только выявить, но и оптимизировать недоработки [35]. Например, платформа для моделирования и анализа бизнес-процессов ARIS BPM позволяет создавать цифровые модели процессов управления вегетацией сельскохозяйственных культур, ресурсами и техникой, оценивая уровень их цифровой зрелости, а BPM-платформа Bizagi используется для визуализации и автоматизации процессов, включая управление посевами, логистикой и ресурсами, позволяет анализировать степень автоматизации процессов и их интеграцию.

Инструменты для анализа и оптимизации функциональных сельскохозяйственных данных включают в себя программное обеспечение, которое позволяет анализировать функциональные данные о состоянии почвенных характеристик, погодно-климатических условиях и урожайности культур, помогает оценивать зрелость на основе использования инструментария предиктивной аналитики. Российских IT-сервисов данного типа на рынке для АПК практически нет. Среди зарубежных разработок можно отметить платформу FieldView (Climate Corporation), предназначенную для сбора и анализа данных о посевах, мониторинга условий на полях и прогнозирования урожайности, она помогает определить, насколько предприятие использует данные для управления производственными процессами) [13].

Роботизированные системы управления производственными процессами в растениеводстве представляют собой комплекс решений, которые обеспечивают автоматизацию и оптимизацию сельскохозяйственного производства. Системы используют робототехнику, сенсоры и программное обеспечение для выполнения различных задач на ферме, включая посадку, уход за растениями и сбор урожая. Их основные функции включают в себя контроль за состоянием растений, точное внесение удобрений, орошение, обработку от вредителей и болезней, в сумме это позволяет значительно повысить эффективность производства и снизить затраты на рабочую силу.

Например, система автоматического полива и внесения удобрений, которая анализирует состояние почвы и растений с помощью датчиков и автоматически регулирует количество воды и удобрений, необходимое для каждой культуры, помогает оптимизировать использование ресурсов и улучшить качество урожая.

Российских решений в этой сфере пока немного, однако можно выделить несколько разработок, направленных на автоматизацию процессов в растениеводстве. Например, платформа «АгроДрон» предлагает услуги по мониторингу состояния полей с использованием беспилотников, что позволяет выявлять проблемы с растениями на ранних стадиях и оперативно принимать меры для их устранения [94].

Компания Cognitive также активно развивает технологии в области автоматизации растениеводства. Их решение Cognitive Agro Pilot представляет собой систему автономного управления сельскохозяйственной техникой, использующую компьютерное зрение и искусственный интеллект для навигации тракторов, комбайнов, что повышает точность выполнения сельскохозяйственных операций [7]. Может автономно контролировать движение техники по полю, избегать препятствия и оптимизировать маршрут, что приводит к повышению производительности и снижению эксплуатационных затрат (рис. 6).



Рис. 6. Навигатор автомобильный Pilot Cognitive Agro

Источник: cognitivepilot.com/products/cognitive-agro-pilot

На международном рынке одним из лидеров в этой области является система FarmBot, представляющая собой роботизированную платформу для автоматического ухода за растениями, включая посадку семян, точное орошение и удаление сорняков, что делает процесс растениеводства более автономным и предсказуемым.

Роботизированные системы управления в растениеводстве помогают аграриям принимать более информированные решения и уменьшать влияние человеческого фактора. Использование данных, получаемых в режиме реального времени, и применение предиктивной аналитики позволяют фермерам лучше планировать и повышать урожайность, что особенно актуально в условиях изменений климата и необходимости повышения эффективности сельского хозяйства.

Таким образом, представленный комплекс IT-решений позволяет проводить многоуровневую оценку цифровой зрелости растениеводческого бизнеса. Эти инструменты интегрируют данные с различных источников (IoT или киберфизические системы, ERP и FMS как системы управления сельхозорганизацией, беспилотные системы мониторинга и выполнения производственных процессов) и предоставляют аналитические возможности для оценки текущего уровня цифровизации и формирования стратегии дальнейшего развития. Использование таких решений позволяет предприятию объективно оценить свои процессы, выявить слабые места и определить направления для цифровой трансформации.

2. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ПО СОЗДАНИЮ ЦЕЛЕВОЙ МОДЕЛИ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬХОЗТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

2.1. Разработка целевых моделей цифровизации сельскохозяйственной организации растениеводческого направления

Разработка целевых моделей цифровизации сельскохозяйственных организаций в растениеводстве требует создания детальной структуры, описывающей процесс интеграции цифровых технологий в действующие бизнес-процессы растениеводческих предприятий. Целевая модель, используя современные цифровые решения, должна учитывать ключевые этапы производства, управления и создания стоимости продукции растениеводства.

Цель этой работы – повышение эффективности и конкурентоспособности растениеводческих предприятий за счет внедрения цифровых технологий, которые оптимизируют управление ресурсами и процессы производства, а также улучшат качество продукции.

Задачи работы: автоматизировать управление агротехнологическими процессами, провести мониторинг и прогнозировать условия для выращивания культур, внедрить системы управления ресурсами и затратами (управление техникой, удобрениями, семенами и др.), обеспечить прозрачность и точность данных о состоянии посевов и ресурсах с помощью IoT и облачных технологий.

2.2. Экономическая сущность цифровой трансформации

Для повышения эффективности и конкурентоспособности растениеводческих предприятий цифровизация направлена на автоматизацию и оптимизацию ключевых процессов [43]. Каждая из задач цифровизации обладает экономическим потенциалом, который непосредственно влияет на себестоимость, маржинальность, выручку и прибыльность предприятия (табл. 3) [74].

Таблица 3

Задачи цифровой трансформации

Задача	Экономическая сущность	Экономический эффект
Автоматизация агротехнических процессов	Автоматизация обработки почвы, сева, внесения удобрений, уборки урожая способствует повышению точности выполнения операций, снижению затрат на рабочую силу и минимизации потерь ресурсов (например, удобрений и топлива)	Уменьшение расходов на оплату труда (за счет оптимизации численности работников). Уменьшение потерь ресурсов (точные дозировки удобрений и агрохимикатов снижают их расход, следовательно, и затраты на закупку). Снижение общей себестоимости продукции (снижение затрат на рабочую силу и расходные материалы). Рост маржинальности (снижение себестоимости, оптимизация операций и повышение их точности увеличивают урожайность, что ведет к росту производства и выручки)
Мониторинг и прогнозирование условий для выращивания культур	Мониторинг и прогнозирование погодных условий, состояния почвы и посевов позволяют своевременно реагировать на изменения и минимизировать риски потерь урожая, оптимизируя агротехнические мероприятия	Снижение потерь урожая (за счет своевременного выявления и устранения угроз, например вредителей или недостатка влаги, повышает урожайность и снижает риски потерь). Оптимизация использования ресурсов и снижение затрат на их приобретение (прогнозирование позволяет точно определить объемы и сроки внесения удобрений и воды). Снижение себестоимости продукции (сокращение расходов на удобрения и полив снижает себестоимость). Увеличение выручки и прибыли (повышение урожайности и качества продукции ведет к росту объемов производства и, следовательно, выручки)

Продолжение табл. 3

Задача	Экономическая сущность	Экономический эффект
<p>Внедрение систем управления ресурсами и затратами</p>	<p>Системы управления ресурсами и затратами способствуют снижению избыточных затрат, оптимизации использования техники и планированию закупок на основе реальных потребностей</p>	<p>Снижение затрат на технику (оптимизация использования техники и внедрение профилактических мероприятий продлевают срок службы оборудования и снижают расходы на ремонт). Уменьшение затрат на закупку ресурсов (более точное планирование закупок позволяет избежать излишков и дефицита). Снижение себестоимости продукции (уменьшение затрат на ресурсы и технику снижает общие издержки). Повышение маржинальности (снижение затрат на ресурсы повышает рентабельность производства и увеличивает чистую прибыль)</p>
<p>Прозрачность и точность данных с использованием IoT и облачных технологий</p>	<p>Сбор данных с помощью IoT-устройств и их анализ в облачных платформах обеспечивают точное планирование и контроль производственных процессов, улучшают управление полями и ресурсами, снижают неопределенность и риски, способствуют оперативному принятию обоснованных решений</p>	<p>Снижение рисков потерь (точная информация о состоянии полей и ресурсах позволяет вовремя принимать меры по защите урожая и минимизации убытков). Повышение эффективности полевых работ (автоматизация и точный контроль состояния полей позволяют оптимизировать работу техники и снизить затраты на топливо и рабочую силу). Снижение себестоимости продукции (снижение расходов на материалы и рабочую силу ведет к снижению себестоимости). Рост маржинальности (уменьшение издержек и повышение урожайности ведут к росту чистой прибыли и увеличению маржинальности)</p>

Источник: составлено авторами.

Для растениеводческих сельхозорганизаций с низкой цифровой зрелостью важно анализировать следующие ключевые финансово-хозяйственные показатели, чтобы выявить драйверы роста и определить направления для цифровизации [74]:

1. Затраты на рабочую силу и механизацию, так как высокая доля затрат на труд и технику указывает на потенциал для автоматизации и оптимизации процессов.

2. Коэффициент использования удобрений и агрохимикатов, так как низкий коэффициент использования указывает на необходимость внедрения систем управления ресурсами и точного мониторинга.

3. Производительность полевых работ, так как низкая производительность сигнализирует о неэффективном использовании ресурсов и возможностях для цифровизации процессов.

4. Урожайность и потери, так как высокий уровень потерь и низкая урожайность являются показателями недостаточной эффективности управления, что можно улучшить внедрением цифровых технологий (рис. 7).



Рис. 7. Оценка потерь на этапах производственного процесса в растениеводстве

Источник: [25].

5. Соотношение затрат и прибыли, так как низкая рентабельность произведенной растениеводческой продукции указывает на возможности для автоматизации и снижения издержек.

Цифровизация трансформирует ключевые процессы растениеводческих предприятий, что напрямую влияет на структуру затрат и маржинальность. Основываясь на аналитических данных, предприятия могут выявить драйверы роста и области для улучшения, начиная с автоматизации агротехнических процессов и заканчивая внедрением сложных систем управления ресурсами [83]. Это приводит к снижению себестоимости, росту выручки и маржинальности, что способствует устойчивому развитию и повышению конкурентоспособности.

Цифровизация позволяет трансформировать ключевые процессы растениеводческого предприятия, что напрямую сказывается на структуре затрат и маржинальности. Ориентируясь на данные и аналитику, предприятия могут выявить драйверы роста и области для улучшения, начиная с автоматизации агротехнических процессов и заканчивая внедрением сложных систем управления ресурсами. Это позволяет существенно снизить себестоимость продукции, повысить выручку и маржинальность, что ведет к устойчивому росту и повышению конкурентоспособности на рынке.

2.3. Цифровая инфраструктура растениеводческого предприятия

Технологическая архитектура цифровизации в сельском хозяйстве (цифровая инфраструктура) включает в себя: системы мониторинга и сбора данных, системы FMS, цифровые двойники и модели для прогнозирования урожайности и управления рисками, облачные платформы для хранения данных и аналитические инструменты на основе искусственного интеллекта для поддержки принятия решений [15].

Цифровая инфраструктура является основополагающим элементом технологической архитектуры целевой модели для растениевод-

ческих предприятий, определяет, какие технические и программные решения будут использоваться для сбора, обработки и анализа данных, управления процессами, а также интеграции с внешними системами и партнерами [87]. Требования к цифровой инфраструктуре могут значительно различаться в зависимости от масштаба предприятия. Ниже представлены общие требования и различия для предприятий различных размеров.

Общие требования к цифровой инфраструктуре сельхозорганизации должны учитывать следующие критерии:

- масштабируемость и гибкость (возможность адаптироваться к растущим потребностям предприятия и внедрению новых технологий в процессы растениеводства);
- интеграция данных и систем (возможность интеграции различных систем и устройств (ERP, FMS, IoT, GPS и др.) в единую платформу для управления данными и бизнес-процессами);
- безопасность данных (защита корпоративных и персональных данных, включая внедрение систем контроля доступа, шифрования и защиты от киберугроз, особенно с учетом интеграции внешних систем и мобильных устройств) [81];
- автоматизация и мониторинг (поддерживать автоматизированные процессы мониторинга состояния почв сельскохозяйственных угодий, работы сельхозтехники и сбора данных с датчиков уровней топлива, зерна и иных устройств интернета вещей);
- облачные и локальные решения (в зависимости от размера и возможностей предприятия могут включать в себя облачные (для хранения данных и управления) и локальные серверные решения (для обеспечения большей безопасности и автономности)).

Цифровая инфраструктура для растениеводческих предприятий может значительно различаться в зависимости от масштаба хозяйства. Основные различия касаются уровня автоматизации, типов используемых технологий и подходов к обработке данных. Рассмотрим особенности таких решений для малых, средних, крупных и очень крупных предприятий.

Для **малых предприятий** (до 500 га) целесообразно использование упрощенных и недорогих решений, которые подходят для огра-

ниченных ресурсов. Им требуются легко настраиваемые мобильные приложения и планшеты для полевых работ, учета и мониторинга. В таких хозяйствах широко применяются метеостанции и базовые датчики для отслеживания условий на полях (влажность, температура, состояние почвы). Также используется готовая облачная платформа для управления данными, что позволяет сократить капитальные вложения и обеспечивает гибкие возможности управления.

Основные особенности малых предприятий заключаются в минимальной ИТ-инфраструктуре – основная часть данных обрабатывается и хранится в облаке, что снижает расходы на локальные серверы и оборудование. Интеграция с ERP-системами осуществляется через мобильные приложения и веб-платформы для учета ресурсов и управления процессами [95].

Средние предприятия (501-2000 га) требуют более развитой инфраструктуры для автоматизации и интеграции процессов, включая системы FMS. Они внедряют IoT-устройства и датчики для мониторинга параметров почвы, посевов и техники. Для мониторинга полей и картирования часто используются дроны. Облачные платформы для хранения данных интегрируются с локальными устройствами, что обеспечивает гибкость в управлении. Их особенностью являются потребность в интеграции данных с различных источников и поддержка систем анализа и визуализации данных, таких как BI-инструменты. Это позволяет разрабатывать централизованные информационные панели для оперативного контроля и управления ресурсами.

Крупные предприятия (2001-10000 га) имеют высокую степень автоматизации, используя продвинутые системы управления техникой и полевыми работами, такие как GPS-навигация, автопилоты и системы параллельного вождения. В них также внедряются более сложные системы мониторинга и управления, включая платформы для дистанционного зондирования (дроны и спутники), которые помогают оценивать состояние полей и прогнозировать урожайность; используют облачные и гибридные решения для хранения данных, которые поддерживают высокие нагрузки и большие объемы. Для достижения бóльшей автономности в инфраструктуре включаются локальные серверы для обработки данных. Системы интеграции

данных позволяют связать все цифровые компоненты в единую экосистему, что значительно упрощает управление.

Для **крупнейших предприятий** (10001-40000 га) необходима многоуровневая инфраструктура, сочетающая мощные локальные и облачные решения для хранения и обработки данных. Это подразумевает наличие серверных помещений и локальных дата-центров, позволяющих работать в автономном режиме. Требуется интеграция с широким спектром цифровых устройств и систем, таких как IoT-сети, дроны, спутниковые системы мониторинга, системы управления техникой и ERP-платформы. Особенность таких предприятий – поддержка распределенной инфраструктуры и удаленного управления (они занимают большие территории) и централизованное управление с возможностью работы в полевых условиях, что становится ключевым фактором. Также важна продвинутая система визуализации данных и отчетности для принятия решений руководством и агрономами.

Сверхкрупным предприятиям (более 40 тыс. га) необходима мощная и комплексная инфраструктура, обеспечивающая интеграцию на уровне полного цифрового профиля предприятия. Такая инфраструктура может включать в себя полный цикл: от мониторинга полей и управления техникой до управления цепочками поставок и логистики с использованием блокчейн-решений для прослеживаемости продукции [21]. Основной особенностью также является наличие больших локальных дата-центров и распределенных серверов, которые позволяют хранить и обрабатывать данные в автономном режиме. Предприятия такого масштаба могут развивать собственные облачные решения или гибридные модели для обеспечения высокой скорости обработки данных и защиты информации. Системы предсказательной аналитики и поддержки принятия решений на основе AI/ML (искусственный интеллект и машинное обучение) используются для оперативного управления производственными процессами и минимизации рисков [18]. Внедряются комплексные системы управления на основе IoT и цифровых двойников, что позволяет моделировать и управлять всеми аспектами сельскохозяйственного производства [91].

В цифровой инфраструктуре растениеводческого предприятия важно обеспечить надежное и безопасное хранение всех данных, собранных с различных IoT-устройств (датчики, дроны и метеостанции), а также организовать их передачу от устройств до места хранения и обработки.

Хранение данных в зависимости от масштаба предприятия и его потребностей может быть организовано с использованием облачных платформ, локальных серверов и гибридного подхода.

В первом варианте все данные, собираемые IoT-устройствами (метеостанции, датчики почвы и дроны), хранятся в облачных платформах. Это наиболее гибкий вариант, поскольку облачные сервисы, зарубежные Microsoft Azure, AWS, Google Cloud и российские K2Tech, Яндекс Облако, VK Клауд и др., предоставляют надежные и масштабируемые хранилища данных, что особенно важно для сельхозорганизаций, у которых объемы данных могут варьироваться [95]. Облачные платформы позволяют интегрировать различные источники данных в одну общую базу, обеспечивая удобный доступ для анализа, визуализации и принятия решений персоналом и менеджментом сельхозорганизации. При использовании облачных технологий появляется возможность обработки данных практически в режиме реального времени, что важно для быстрого реагирования на изменения состояния вегетации сельхозкультур или учета погодных условий при выполнении агротехнологических операций. Их преимущества также заключаются в высокой надежности (резервное копирование и защита данных), гибкости масштабирования, а также возможности удаленного доступа, что позволяет получить доступ к данным растениеводческого предприятия с любой точки, где есть интернет.

Хранение данных на локальных серверах целесообразно в условиях, где доступ к интернету ограничен или нестабилен. Локальные серверы позволяют сохранять данные вне зависимости от внешних провайдеров облачных услуг. Такие серверы могут также использоваться растениеводческим предприятием как промежуточное звено для временного хранения данных перед их передачей в облачное хранилище для дальнейшей обработки. Локальные серверы обеспе-

чивают быстрый доступ к данным и возможность проведения анализа без подключения к интернету, что может быть критически важно в случае временных сетевых проблем.

В ряде случаев может быть выгодно использовать гибридное решение, при котором данные временно хранятся на локальных серверах, а затем передаются в облачное хранилище. Это позволяет объединить преимущества обеих систем: низкие задержки при обработке данных локально и надежность, а также масштабируемость облачных хранилищ.

Для того чтобы данные, собираемые с IoT-устройств, передавались на мощности для их хранения и обработки, используются беспроводная передача данных, шлюзы для IoT-устройств.

Первый вариант используется для таких IoT-устройств, как метеостанции и датчики почвы, обычно это беспроводные технологии, такие как Wi-Fi, LoRaWAN, ZigBee или LTE для передачи данных. Выбор протокола зависит от доступной инфраструктуры и специфики предприятия. В случае больших сельскохозяйственных полей технологии с низким энергопотреблением, такие как LoRaWAN или NB-IoT, являются предпочтительными, поскольку они могут работать на больших расстояниях и обеспечивать устойчивую передачу данных с датчиков [82].

IoT-шлюзы для IoT-устройств (IoT-gateways) играют роль промежуточного звена, собирая данные с различных устройств и передавая их в центр обработки. Шлюз агрегирует данные от датчиков, обрабатывает их на месте (иногда для фильтрации или предварительной обработки) и затем передает их в облачную платформу или на локальный сервер. IoT-шлюзы могут подключаться к облачным сервисам через интернет или локальные сети, что обеспечивает надежную передачу данных. Эти шлюзы помогают организовать передачу данных от разных типов датчиков с использованием различных протоколов связи.

Для передачи данных с IoT-устройств до мощностей хранения часто используются протоколы типа MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), который особенно популярен в IoT-приложениях благодаря своей надежности и низким требованиям к пропускной

способности. MQTT может обеспечивать надежную доставку сообщений даже при нестабильных соединениях.

Протокол HTTP/HTTPS используется для передачи данных, если необходимо обеспечить повышенную безопасность и прозрачность передачи. Применение протокола HTTPS обеспечивает шифрование данных при передаче, что важно для защиты информации от киберугроз.

Архитектура и обработка данных также могут быть реализованы в нескольких вариантах.

Централизованная база данных: все данные, поступающие с IoT-устройств, собираются в централизованной базе данных, которая может находиться в облаке или на локальном сервере. База данных должна поддерживать масштабируемость для работы с большими объемами данных и обеспечивать быстрый доступ для анализа [87]. Например, базы данных NoSQL, такие как MongoDB, могут быть полезными для хранения неструктурированных данных с сенсоров, тогда как реляционные базы данных, такие как PostgreSQL, могут использоваться для хранения данных о бизнес-процессах и интеграции с ERP-системами.

Для обработки данных и анализа используются аналитические платформы, (Apache Hadoop или Spark), которые позволяют быстро и эффективно анализировать большие объемы информации.

В случае использования облачных решений такие платформы, как AWS Lambda, Azure Functions или Google Cloud Functions, могут использоваться для автоматической обработки данных в режиме реального времени и применения предсказательных моделей.

Для более глубокого анализа данных и прогнозирования используется концепция цифровых двойников. Это виртуальные модели полей или отдельных процессов, которые помогают спрогнозировать развитие ситуации, например определить оптимальные сроки посева, риск возникновения заболеваний или прогноз урожайности. Данные, поступающие с полей, используются для актуализации цифровых двойников и проведения симуляций, что позволяет

более точно планировать дальнейшие действия и минимизировать риски.

Для защиты данных на всех этапах, от передачи до хранения, необходимо использовать механизмы шифрования (например, TLS для передачи данных по сети и AES для шифрования данных на хранении). Также необходимо обеспечить аутентификацию и авторизацию пользователей, имеющих доступ к данным. Это включает в себя использование VPN для удаленного доступа и многофакторную аутентификацию для дополнительной защиты. Важно обеспечить резервное копирование всех данных, чтобы избежать их утраты. Облачные решения часто предлагают встроенные инструменты для автоматического бэкапа и восстановления данных. Для обеспечения отказоустойчивости могут быть использованы системы дублирования серверов, а также репликация данных на разных географически удаленных узлах.

Для передачи данных от IoT-устройств в растениеводческом предприятии можно использовать разнообразные протоколы, каждый из которых имеет свои особенности и применяется в зависимости от задач, объема данных, расстояния и особенностей инфраструктуры (табл. 4).

Таблица 4

Возможные протоколы передачи данных в растениеводческом предприятии

Протокол передачи данных	Описание
MQTT (Message Queuing Telemetry Transport)	Применяется для передачи данных с низкой задержкой в условиях ограниченной пропускной способности и низкой потребляемой мощности. Широко используется для обмена данными между датчиками и облачными платформами или локальными серверами. Эффективен для передачи небольших объемов данных с высокой частотой. Поддерживает систему публикации и подписки, позволяя устройствам отправлять данные только по запросу или при изменении значений. Обеспечивает надежную доставку с минимальными задержками, что важно для IoT-устройств с ограниченными ресурсами

Протокол передачи данных	Описание
HTTP/HTTPS (Hypertext Transfer Protocol/Secure)	Стандартный протокол для передачи данных в интернете, который также подходит для IoT, особенно когда требуется передавать данные через веб-сервисы или API. Применяется для связи IoT-устройств с облачными сервисами или веб-серверами. HTTPS в отличие от HTTP использует шифрование данных с помощью SSL/TLS, что обеспечивает безопасность при передаче данных. Хорошо подходит для передачи больших объемов, например, изображений с дронов или видео, однако он может требовать больше энергии и пропускной способности, чем протоколы, оптимизированные для IoT, такие как MQTT
CoAP (Constrained Application Protocol)	Разработан для устройств с ограниченными ресурсами и сетей с низкой пропускной способностью, таких как IoT. Используется для передачи данных от устройств с низким энергопотреблением и ограниченными возможностями, например датчиков температуры и влажности. Чаще всего применяется в локальных сетях с небольшой площадью охвата. Работает по принципу клиент-серверной архитектуры и поддерживает низкое энергопотребление и сжатие данных, что снижает нагрузку на сеть. Протокол также поддерживает UDP (в отличие от TCP), что делает его легковесным и более быстрым для передачи небольших пакетов данных
LoRaWAN (Long Range Wide Area Network)	Ориентирован на беспроводные сети с большим радиусом действия и низкой пропускной способностью. Часто используется для передачи данных с IoT-устройств, которые расположены на больших расстояниях от шлюзов или серверов. Подходит для сельскохозяйственных полей, где датчики могут находиться на больших расстояниях друг от друга и базовых станций. Используется для мониторинга состояния почвы, погодных условий и других параметров, не требующих высокой частоты обновлений. Отлично подходит для экономичного энергопотребления и передачи данных на расстояние до нескольких километров. Предназначен для устройств с низкой частотой передачи и может передавать данные несколько раз в день, что снижает энергопотребление

Протокол передачи данных	Описание
ZigBee	Используется для передачи данных на короткие расстояния, часто для построения IoT-сетей в закрытых пространствах или на небольших площадях. Применяется для соединения датчиков и контроллеров в небольших локальных сетях, например для управления метеостанцией, датчиками температуры и влажности в одном хозяйственном здании. Позволяет создать надежную сеть с низким энергопотреблением, где устройства могут работать на батарейках продолжительное время. Его особенностью является поддержка сетевой топологии Mesh, которая позволяет передавать данные от устройства к устройству, что делает его удобным для сетей с большим числом датчиков
NB-IoT (Narrowband Internet of Things)	Сотовая технология для передачи данных с IoT-устройств через узкополосные каналы связи. Используется для передачи данных с удаленных датчиков, особенно в местах с низкой пропускной способностью, таких как сельская местность. Подходит для мониторинга полей, особенно если датчики расположены на большом удалении друг от друга. Поддерживает широкую зону покрытия, низкое энергопотребление и может работать в сложных условиях с низким уровнем сигнала. Доступен на базе сетей операторов сотовой связи, что упрощает его развертывание в сельских регионах
BLE (Bluetooth Low Energy)	Используется для передачи данных на короткие расстояния (оптимизирован для низкого энергопотребления), а также для соединения датчиков, расположенных на небольших расстояниях друг от друга, например в теплицах или закрытых помещениях, где необходимо передавать данные о микроклимате и состоянии растений. Позволяет передавать небольшие объемы при минимальном энергопотреблении, что делает его подходящим для IoT-устройств с батарейным питанием. Часто используется для временного сбора данных и передачи на шлюз, который затем отправляет их в облако

Протокол передачи данных	Описание
Sigfox	Для передачи небольших объемов данных с использованием узкополосной связи на большие расстояния. Используется для мониторинга объектов, которые требуют передачи данных один раз в несколько часов или даже в сутки, например для мониторинга влажности или температуры почвы. Имеет низкие показатели энергопотребления и пропускной способности, что делает его идеальным для экономичных устройств, работающих на батарейках в течение нескольких лет. Поддерживает глобальное покрытие, что делает его подходящим для удаленных полей
Cellular (2G/3G/4G/5G)	Универсальный способ передачи данных, который можно использовать для IoT-устройств с поддержкой сотовой связи. Применяется для передачи данных на большие расстояния, например при использовании дронов для мониторинга полей, которые требуют высокой скорости передачи. Поддерживает передачу данных на высоких скоростях, что особенно полезно для систем, требующих передачи большого объема (например, изображения и видео). В сельских районах чаще используется 2G/3G, которые поддерживают низкую скорость, но обеспечивают большую зону покрытия

Источник: составлено авторами.

Выбор протокола передачи данных зависит от специфики работы предприятия, типа данных, требований к скорости передачи и доступной инфраструктуры. В целом для систем сельского хозяйства подходят следующие комбинации: для мониторинга состояния почвы и погодных условий – NB-IoT, LoRaWAN, Sigfox; связи в локальных сетях – ZigBee, BLE и Wi-Fi для высокоскоростной передачи данных; передачи данных на большие расстояния – 3G/4G/5G, MQTT через интернет или сотовые сети для стабильной передачи больших объемов, таких как изображения.

Каждый протокол вносит свою лепту в оптимизацию цифровой инфраструктуры, обеспечивая надежность, безопасность и экономичность работы с данными IoT-устройств в сельском хозяйстве.

Таким образом, цифровая инфраструктура растениеводческого предприятия должна быть гибкой, масштабируемой и соответствовать потребностям и возможностям конкретного масштаба бизнеса. Важно строить инфраструктуру поэтапно, начиная с базовых решений и постепенно переходя к сложным интеграционным моделям, соответствующим современным требованиям и возможностям агропредприятия, согласующимся со стратегическими целями государства в конкретной отрасли сельского хозяйства [2].

Для комплексного анализа и реализации мероприятий по оценке цифровой зрелости растениеводческих предприятий важно учитывать масштаб предприятия, численность IT-персонала, необходимого для обслуживания инфраструктуры, и методы оценки эффективности работы этих специалистов. Также нужно рассчитать бюджет на IT-подразделение и затраты на закупку IT-решений, чтобы понимать, насколько инвестиции в цифровизацию оправданы с точки зрения бизнеса (табл. 5).

Для оценки эффективности действующего или вновь принятого на предприятие IT-персонала и окупаемости затрат также возможно использовать следующие показатели:

- время восстановления после сбоев (MTTR). Оценивается время, требуемое для устранения неполадок. Чем быстрее реакция и устранение проблем, тем выше эффективность;
- выполнение SLA (Service Level Agreement). Оценка соответствия фактической работы с заявленными уровнями сервиса, включая скорость реакции и решения инцидентов;
- процент автоматизированных процессов. Чем больше процессов автоматизировано, тем выше цифровая зрелость и эффективность IT-подразделения;
- финансовая окупаемость (ROI). Рассчитывается на основе экономии затрат и увеличения доходов от внедрения технологий. Если ROI высок и затраты на IT-подразделение окупаются в течение заданного периода, то цифровая трансформация признана успешной.

Таблица 5
Бюджет и эффективность IT-подразделения в зависимости от размера земельной площади СХО

Площадь земель сельскохозяйственной организации	Численность IT-персонала, распределение функций	Годовой бюджет IT-подразделения и его составляющих	Оценка эффективности
До 500	1-2 специалиста: первый выполняет функции системного администратора и отвечает за настройку базового оборудования, второй – управление IoT-устройствами и работу с облачными решениями. Дополнительно может привлекаться специалист на частичной основе для специфических задач, таких как интеграция новых систем или техническое обслуживание	2,2-3,8 млн руб. Заработная плата – 1,2-1,8 млн руб. (при средней зарплате 100-150 тыс. руб. в месяц). Заграты на IT-решения – 1-3 млн руб. (базовые мобильные приложения, системы мониторинга полей и облачные сервисы)	При сокращении затрат на оборудование и оптимизации маршрутов техники на 10% экономия может составить 1-2 млн руб. в год
500-2000	2-4 специалиста: первый занимается системным администрированием и поддержкой пользователей, второй – сетевыми решениями и безопасностью, третий отвечает за интеграцию IoT-устройств и систем управления фермой (FMS), четвертый занимается аналитикой данных	6-11 млн руб. Заработная плата – 3-5 млн руб., затраты на IT-решения – 3-6 млн руб. (закупка и внедрение FMS-систем, GPS-навигации, базовых аналитических платформ, локальных серверов для хранения данных, затраты на лицензию и техническую поддержку)	При сокращении затрат на топливо и удобрения на 10% экономия может составить 3-5 млн руб. в год

2001 - 10000	4-6 специалистов: распределяются на роли по системному администрированию, поддержке IoT-решений, управлению сетями и информационной безопасностью, а также аналитике данных. Дополнительно может привлекаться IT-архитектор для координации интеграции сложных систем	14-22 млн руб. Заработная плата – 6-10 млн руб. (при средней зарплате 120-170 тыс. руб. в месяц. Затраты на IT-решения – 8-12 млн руб. в год: закупка и внедрение IoT-систем (метеостанции, датчики, дроны), аналитических платформ (BI-системы) и локальных дата-центров для хранения данных. Затраты на обслуживание и модернизацию систем	Экономия ресурсов (топливо и удобрения) на 10-15% за счет оптимизации процессов. Увеличение доходов за счет увеличения урожайности (точное планирование, мониторинг) может составить 10-15 млн руб. в год
10001-40000	6-10 специалистов: сетевые инженеры, системные администраторы, аналитики данных, специалисты по информационной безопасности и IoT-инженеры. Возможно создание отдельного IT-департамента с четко распределенными ролями и зонами ответственности	27-43 млн руб. Заработная плата – 12-18 млн руб. (при средней зарплате 130-180 тыс. руб. в месяц). Затраты на IT-решения – 15-25 млн руб.: закупка серверных мощностей, платформ для анализа больших данных (Big Data), систем управления цепочкой поставок (SCM) и комплексных IoT-решений, а также затраты на обслуживание и обновление инфраструктуры	Снижение операционных затрат и рост доходности за счет внедрения SCM и аналитических платформ позволяют повысить эффективность управления ресурсами и прогнозирования и снизить издержки на 15-20%

Продолжение табл. 5

Площадь земель сельскохозяйственной организации	Численность IT-персонала, распределение функций	Годовой бюджет IT-подразделения и его составляющих	Оценка эффективности
Более 40000	10-15 специалистов: инженеры по информационной безопасности, разработчики DSS, специалисты по автоматизации и аналитике данных, IT-менеджеры для координации проектов	50-80 млн руб. Заработная плата – 20-30 млн руб. (при средней зарплате 150-200 тыс. руб. в месяц). Затраты на IT-решения – 30-50 млн руб.: создание высокопроизводительных дата-центров, внедрение платформ AI и машинного обучения, сложных IoT-решений и систем безопасности для защиты данных и инфраструктуры	Оценка проводится на основе всестороннего анализа, включая доходы от повышения урожайности и сокращение издержек за счет оптимизации цепочки поставок и автоматизации процессов. Если меры позволяют сократить затраты на 20-25%, что может составить десятки миллионов рублей, то затраты на IT-инфраструктуру и специалистов окупаются

Этот комплексный подход к анализу и реализации цифровой инфраструктуры позволяет учитывать специфику масштабов растениеводческого предприятия (особенно если агробизнес ведется в разных муниципальных районах или субъектах Российской Федерации), оптимизировать численность IT-персонала и поддерживать баланс между затратами и их окупаемостью.

На предприятии может быть применена следующая архитектура цифровизации процессов, которая представляет собой сборку функциональных модулей в единую цифровую платформу агропредприятия [36]:

- управление посевами и обработкой полей (цифровизация процессов подготовки и обработки почвы, внесения удобрений и посадки культур с помощью GPS-навигации и систем параллельного вождения; использование моделей прогнозирования для планирования агротехнических мероприятий);

- мониторинг и управление урожаем (установка метеостанций и датчиков для контроля состояния почвы и растений, внедрение технологий дистанционного мониторинга (дроны и спутниковые снимки) для оценки состояния посевов и выявления проблем) [8];

- оптимизация управления ресурсами (системы контроля и учета использования сельскохозяйственной техники и оборудования; внедрение платформ управления запасами и расходными материалами (удобрения и средства защиты растений);

- управление данными и аналитика (сбор и интеграция данных, объединение данных с разных источников (метеостанции, датчики, дроны, техника) в единую платформу для анализа и принятия решений; аналитические и прогнозные модели; использование инструментов машинного обучения и аналитики для прогнозирования урожайности, оптимизации посевов и управления рисками; цифровые отчеты и визуализация; создание цифровых панелей управления для мониторинга ключевых показателей эффективности в режиме реального времени).

В рамках оценки цифровой зрелости предприятия и последующей цифровизации наиболее важные процессы, влияющие на эффективность и рентабельность бизнеса, должны быть приоритетными для

автоматизации и оптимизации. Эти процессы представляют собой ключевые элементы управления производственными и бизнес-процессами, а их цифровизация существенно повышает точность, скорость и эффективность работы предприятия.

Для сельхозорганизации растениеводческого направления можно выделить несколько таких процессов.

1. Управление посевами и обработкой полей (подготовка почвы, посадка семян, контроль за ростом растений, внесение удобрений и средств защиты растений, а также сбор урожая). Этот процесс является основополагающим для растениеводства и должен быть тщательно организован и оптимизирован. Функциональная архитектура включает в себя сбор данных с IoT-устройств (датчики почвы, температуры и влажности), дронов и спутниковых снимков для мониторинга состояния посевов и оценки их здоровья. Предусмотрено использование систем параллельного вождения и GPS-навигации для автоматизации полевых работ, таких как посадка, обработка и сбор урожая. Важно интегрировать эти системы с платформами управления фермой (FMS) для точного планирования и контроля. Внедрение аналитических платформ, использующих данные мониторинга для прогнозирования урожайности, определения оптимальных сроков посева и уборки, а также планирования агротехнических мероприятий.

2. Управление орошением и водными ресурсами. Является критически важным процессом, особенно в регионах с недостатком осадков или засушливым климатом. Цифровизация этого процесса позволяет экономить воду и энергию, а также улучшать здоровье растений. Проектирование включает в себя установку датчиков влажности почвы, которые собирают данные в режиме реального времени. Эти данные интегрируются в систему управления орошением, которая автоматически регулирует полив в зависимости от состояния почвы и погодных условий. Системы управления орошением, основанные на данных, позволяют оптимизировать использование воды. В функциональной архитектуре предусмотрена возможность интеграции таких систем с метеостанциями для учета погодных условий и предотвращения ненужного полива во время дождей. Использо-

ние платформ предсказательной аналитики для определения потребности растений в воде в зависимости от стадии их роста позволяет заблаговременно планировать полив и сокращать издержки.

3. Управление ресурсами и инвентарем включает в себя учет и контроль за использованием техники, удобрений, семян, средств защиты растений и других материальных ресурсов, необходимых для полевых работ. Внедряются автоматизированные системы учета и управления ресурсами, которые интегрируются с FMS. Используются датчики и RFID-метки для автоматического отслеживания передвижения техники и расхода материалов. Системы управления должны быть интегрированы с аналитическими платформами, чтобы прогнозировать потребности в ресурсах на основе исторических данных и текущих показателей. Это позволяет избежать нехватки или избыточного накопления запасов. Функциональная архитектура может включать в себя системы SCM для интеграции процессов закупки и логистики с внутренними операциями предприятия, что обеспечивает оптимизацию затрат и своевременность поставок.

4. Мониторинг и управление состоянием здоровья сельскохозяйственных культур включает в себя мониторинг здоровья растений, выявление болезней, вредителей и других отклонений, влияющих на урожайность. Цифровизация этого процесса позволяет своевременно реагировать на угрозы и минимизировать потери урожая. Включает в себя проектирование систем, позволяющих использовать дроны и спутниковые снимки для мониторинга состояния растений и выявления проблемных участков. Применяется обработка изображений и данных с дронов с использованием машинного обучения для автоматического обнаружения заболеваний и определения областей, требующих внимания. Эти данные интегрируются с FMS для формирования оперативных рекомендаций по обработке полей. Предсказательная аналитика используется для прогнозирования развития болезней или вредителей на основе климатических и метеорологических данных.

5. Управление техникой и оборудованием включает в себя планирование, мониторинг и оптимизацию работы техники [84]. Циф-

ровизация этого процесса повышает эффективность использования техники и снижает затраты на топливо и ремонт. Включение GPS-навигации и систем параллельного вождения позволяет автоматически управлять техникой, минимизируя ошибки и оптимизируя траектории движения. Это особенно важно для больших полей, где точность и скорость критичны. Установка датчиков для сбора данных о состоянии техники (например, уровень топлива, износ деталей, температура двигателя), интеграция с системой управления фермой для контроля и планирования технического обслуживания и дальнейшая обработка полученных данных позволяют в режиме реального времени отслеживать состояние техники и выявлять потенциальные проблемы до их возникновения, автоматически планировать проведение планово-предупредительного ремонта на основе анализа состояния оборудования (например, наработка моточасов, уровень вибрации или температуры) и расчета оптимального времени для проведения технического обслуживания [39]. Регулярные планово-предупредительные работы помогают снизить риск поломок, минимизировать простои и продлить срок службы техники. Система уведомлений автоматически информирует оператора или механика о необходимости проведения обслуживания, что позволяет заранее подготовить и спланировать работы, минимизируя воздействие на производственные процессы. Функциональная архитектура должна предусматривать возможность интеграции с аналитическими платформами, чтобы определять оптимальные маршруты, графики работы и обслуживания техники для минимизации затрат и простоя. Анализ данных о состоянии техники позволяет также оптимизировать графики и затраты на проведение технического обслуживания, снижая риски и увеличивая эффективность использования оборудования.

6. Управление данными и аналитикой охватывает сбор, хранение, обработку и анализ данных о состоянии полей, посевов, ресурсов и техники. Основная цель – создание единой системы управления данными, которая позволяет принимать обоснованные решения и планировать будущие работы на основе реальных данных. Проектиру-

ются системы, обеспечивающие сбор данных из разных источников (IoT, FMS, дроны, ERP) и их централизованное хранение на сервере или облачной платформе. Это необходимо для обеспечения доступа к информации в режиме реального времени и ее анализа. Внедрение BI-платформ для визуализации данных и создания интерактивных дашбордов позволяет отслеживать ключевые показатели эффективности (KPI). Прогностическая аналитика помогает определять риски и планировать работу полей в зависимости от прогнозов погоды и состояния почвы. В функциональную архитектуру включаются механизмы автоматической генерации отчетов на основе собранных данных, что упрощает контроль за процессами и повышает скорость реакции на изменения.

7. Управление цепочкой поставок и логистикой включает в себя координацию всех аспектов цепочки поставок, начиная от закупки ресурсов и заканчивая транспортировкой продукции на склад или конечным покупателям. Используются ERP- и SCM-системы для управления запасами, контроля логистики и оптимизации доставки продукции, позволяющие обеспечить прозрачность процессов и сокращение издержек. Системы аналитики интегрируются с SCM для отслеживания и оптимизации маршрутов доставки и мониторинга состояния продукции во время транспортировки. Функциональная архитектура включает в себя механизмы автоматизации и координации поставок в зависимости от сезонных потребностей и прогноза спроса, что минимизирует потери и увеличивает рентабельность.

Эти важнейшие процессы представляют основу для цифровизации растениеводческого предприятия. С точки зрения проектирования и управления функциональной архитектурой эти процессы требуют детальной проработки и интеграции с учетом потребностей и особенностей каждого предприятия, позволяют повысить эффективность и сократить затраты. Цифровизация ключевых процессов создает базу для принятия решений на основе данных и стратегического планирования, что существенно повышает конкурентоспособность агропредприятия [9].

2.4. Ключевые элементы (этапы) реализации целевой модели

Для проведения оценки цифровой зрелости бизнеса в растениеводческом предприятии необходимо разработать комплекс мероприятий и IT-решений, которые обеспечат систематическую оценку текущего состояния предприятия и его готовности к цифровой трансформации.

С учетом изучения российского и зарубежного опыта [89, 93] предлагается следующий комплекс, включающий в себя несколько последовательных действий:

определение методологии (выбор критериев оценки и модели цифровизации растениеводства, определение ключевых предметных областей деятельности (доменов), создание инструментария в виде опросных форм и чек-листов);

сбор данных в полевых условиях;

оценка фактической цифровой зрелости;

составление рекомендаций и выработка плана цифровизации;

1. Определение методологии оценки цифровой зрелости

Разработка структуры и критериев оценки предполагает использование подходов, таких как модель цифровой зрелости (Digital Maturity Model, DMM), Process Digital Maturity Model (PDMM), или собственных методологий на основе отраслевых стандартов (например, PADF, FEA) [58].

Для классификации уровней зрелости и оценки различных аспектов цифровой инфраструктуры и бизнес-процессов могут быть использованы выше рассмотренные типовые модели цифровизации по уровням цифровой зрелости (начальный, оптимизированный, автоматизированный, аналитический, продвинутый),

Формирование опросников и чек-листов служит инструментарием для реализации сбора данных о текущем состоянии цифровой зрелости на растениеводческом предприятии. Подготовка стандартных опросников и чек-листов для сбора данных о текущем состоянии процессов, систем и ресурсов предприятия должны учитывать специфику

растениеводческих предприятий, в том числе региональные и продуктовые особенности, а также особенности развития цифровой инфраструктуры в районе и регионе присутствия агропредприятия [31].

Оценка цифровой зрелости растениеводческих предприятий требует системного подхода, который учитывает ключевые элементы бизнеса, используемые технологии и уровень автоматизации процессов.

Структура и критерии оценки цифровой зрелости растениеводческого предприятия позволяют объективно оценить текущий уровень цифровизации и разработать план цифровизации для дальнейшего развития.

Универсальная модель цифровой зрелости для растениеводческих предприятий включает в себя пять ключевых доменов (табл. 6).

Таблица 6

Доменная модель цифровой зрелости для растениеводческих предприятий

Домен	Описание
Технологическая инфраструктура и автоматизация	Уровень автоматизации и цифровизации оборудования и процессов на предприятии
Управление данными и аналитикой	Качество и глубина использования данных и аналитики для принятия решений
Интеграция и управление ресурсами	Степень интеграции IT-решений и платформ для управления ресурсами (техника, удобрения, семена и др.)
Управление знаниями и обучение персонала	Уровень подготовки и компетенций сотрудников в использовании цифровых технологий и управлении цифровыми решениями
Управление процессами и операционная эффективность	Цифровизация бизнес-процессов и уровень их автоматизации для обеспечения операционной эффективности и устойчивости предприятия

Источник: составлено авторами.

Каждый из доменов оценивается по пяти уровням цифровой зрелости (рис. 8).



Рис. 8. Этапы эволюция цифровой зрелости растениеводческого предприятия

Источник: составлено авторами.

Критерии оценки цифровой зрелости по каждому домену являются композитными и в рамках проведения обследования предприятия требуют детализации формирования (табл. 7).

Таблица 7

Критерии оценки цифровой зрелости по доменам

Домен	Цель оценки, критерии (их определение)
Технологическая инфраструктура и автоматизация	<p>Определение уровня автоматизации и интеграции цифровых технологий в производственные процессы и инфраструктуру предприятия.</p> <p>Уровень автоматизации и цифровизации оборудования и процессов на предприятии.</p> <p>Наличие и использование IoT-решений (установлены ли метеостанции, датчики почвы, устройства мониторинга техники и подключены ли они к единой системе управления).</p> <p>Интеграция GPS и систем параллельного вождения (используется ли техника с автоматическим управлением и навигацией).</p> <p>Использование автоматизированных систем орошения (есть ли системы автоматического полива, интегрированные с метеостанциями и датчиками почвы).</p> <p>Уровень автоматизации техники (внедрение автоматических систем управления посевными и сборными работами с использованием данных от датчиков и других источников)</p>

Домен	Цель оценки, критерии (их определение)
Управление данными и аналитикой	<p>Оценка уровня зрелости в области управления данными и аналитикой помогает понять, насколько эффективно предприятие собирает, анализирует и использует данные для принятия решений.</p> <p>Сбор данных с полей и техники (использование датчиков и дронов для мониторинга состояния полей и растений).</p> <p>Качество аналитических инструментов (применяются ли BI-системы и аналитические платформы для визуализации данных и прогнозирования урожайности).</p> <p>Использование платформ предсказательной аналитики (применяются ли инструменты машинного обучения для предсказания урожайности и оптимизации использования ресурсов).</p> <p>Интеграция данных (насколько данные из различных источников (полевые датчики, метеостанции, дроны) интегрированы в единую систему управления)</p>
Интеграция и управление ресурсами	<p>Оценка зрелости управления ресурсами показывает, насколько эффективно предприятие интегрировало IT-системы для управления ресурсами, такими как техника, удобрения и семена.</p> <p>Интеграция систем управления ресурсами (наличие ERP- и FMS-систем, интегрированных с платформами управления цепочкой поставок и запасами).</p> <p>Использование систем мониторинга техники (наличие автоматических систем контроля за состоянием техники и планирования технического обслуживания).</p> <p>Оптимизация использования ресурсов (использование аналитических платформ для точного планирования закупок и использования ресурсов (семена, удобрения, топливо и др.).</p> <p>Интеграция с внешними партнерами (возможность интеграции IT-систем с внешними платформами для улучшения логистики и управления цепочкой поставок)</p>
Управление знаниями и обучением персонала	<p>Зрелость в области управления знаниями и обучения персонала отражает готовность сотрудников к цифровизации и их компетенции в использовании цифровых инструментов.</p> <p>Наличие программ обучения и повышения квалификации (существуют ли программы подготовки сотрудников по работе с цифровыми технологиями).</p> <p>Вовлеченность персонала в цифровизацию (готовы ли сотрудники внедрять и использовать новые цифровые решения).</p>

Домен	Цель оценки, критерии (их определение)
Управление знаниями и обучением персонала	<p>Использование цифровых систем для обучения (применяются ли цифровые платформы и онлайн-курсы для обучения персонала).</p> <p>Поддержка и доступность информационных ресурсов (есть ли внутренняя система поддержки и база знаний для сотрудников, где они могут получать помощь и информацию)</p>
Управление процессами и операционная эффективность	<p>Зрелость управления бизнес-процессами определяет, насколько предприятие автоматизировало и оптимизировало операционные процессы.</p> <p>Цифровизация бизнес-процессов (автоматизированы ли ключевые процессы, такие как посадка, уход за растениями, сбор урожая, управление орошением и контроль качества продукции).</p> <p>Использование цифровых инструментов для планирования и мониторинга (применяются ли платформы для планирования полевых работ и мониторинга их выполнения).</p> <p>Интеграция процессов в единую систему (насколько бизнес-процессы интегрированы и контролируются через единую систему управления (ERP, FMS)).</p> <p>Эффективность операционного управления (оценка эффективности операций на основе показателей производительности и себестоимости)</p>

Источник: составлено авторами.

По каждому из доменов возможны различные этапы цифровой зрелости (табл. 8).

Таблица 8

Этапы цифровой зрелости в разрезе доменов архитектуры сельхозорганизаций растениеводческого направления

Домен	Начальный	Базовый	Средний	Высокий	Продвинутый
Технологическая инфраструктура и автоматизация	Отсутствие IoT-решений и автоматизации	Использование отдельных IoT-устройств без интеграции и автоматизированного управления	Частичная автоматизация процессов с применением GPS и автоматизированного орочения	Полная интеграция систем мониторинга и автоматизации техники	Интеллектуальные системы управления, использующие данные для автоматической оптимизации и контроля
Управление данными и аналитикой	Данные собираются вручную или не собираются вообще	Частичный сбор данных с отдельных датчиков без их систематизации и анализа	Использование BI-инструментов для анализа данных и построения отчетности	Активное применение аналитики и предикативных моделей для управления и планирования	Интеллектуальные системы, использующие данные в режиме реального времени для автоматической корректировки процессов
Интеграция и управление ресурсами	Отсутствие автоматизации и использования систем управления ресурсами	Использование отдельных систем без интеграции между ними	Интеграция FMS- и ERP-систем, частичная автоматизация процессов управления ресурсами	Полная интеграция систем и оптимизация планирования ресурсов	Интеллектуальные платформы, автоматически прогнозирующие и планирующие использование ресурсов на основе данных
Управление знаниями и обучением персонала	Отсутствие программ обучения и вовлеченности сотрудников	Ограниченное обучение и частичное использование цифровых систем для подготовки	Регулярное обучение и использование цифровых платформ для повышения квалификации	Высокий уровень вовлеченности и широкое использование цифровых инструментов для обучения	Постоянное обновление программ обучения и активное использование цифровых решений
Управление процессами и операционная эффективность	Бизнес-процессы не автоматизированы и зависят от ручного труда	Частичная автоматизация отдельных процессов без интеграции	Автоматизация и интеграция ключевых процессов в систему управления	Оптимизация и активное управление процессами на основе данных и прогнозов	Полная интеграция и автоматизация с использованием интеллектуальных систем управления

Источник: составлено авторами.

2. Сбор данных и проведение оценки цифровой зрелости

Для проведения оценки используются комплексный опрос и аудит, включающие в себя:

- проведение опроса сотрудников и менеджеров для оценки восприятия цифровизации, уровня готовности к цифровизации предприятия и текущих проблем;
- аудит ИТ-инфраструктуры (оценка наличия и эффективности используемых ИТ-систем и платформ);
- анализ и моделирование бизнес-процессов с целью выявления проблемных мест и возможностей для цифровизации;
- сравнение с отраслевыми бенчмарками; определение, насколько уровень цифровизации предприятия соответствует стандартам отрасли и конкурентам.

Комплексный опрос и аудит позволяют всесторонне оценить цифровую зрелость растениеводческого предприятия, выделяя ключевые области для улучшений и цифровизации. Это дает возможность разработать стратегию цифрового развития, повышающую эффективность и конкурентоспособность бизнеса, и планомерно перейти к более высокому уровню цифровой зрелости.

Для оценки текущего состояния процессов, систем и ресурсов растениеводческого предприятия в рамках цифровизации важно использовать структурированный опросник и чек-лист. Эти инструменты помогают собрать подробную информацию о бизнес-процессах, используемых технологиях, уровне автоматизации и готовности предприятия к цифровой трансформации.

Опросник и чек-лист включают в себя вопросы и критерии оценки по ключевым областям деятельности предприятия, а также позволяют выявить узкие места и возможности для улучшений.

Опросник, структурированный по нескольким разделам, охватывает ключевые аспекты деятельности растениеводческого предприятия. В каждом разделе предлагаются вопросы, которые помогают определить текущее состояние процессов и технологий.

Раздел 1. Технологическая инфраструктура:

Используете ли вы IoT-решения (метеостанции, датчики почвы, системы мониторинга техники) на вашем предприятии?

Какая доля сельскохозяйственной техники оснащена GPS и системами параллельного вождения?

Есть ли на предприятии автоматизированные системы орошения? Если да, то интегрированы ли они с метеостанциями и датчиками почвы?

Каков уровень автоматизации полевых работ (посадка, внесение удобрений, сбор урожая)?

Используете ли вы облачные решения для хранения данных и управления оборудованием?

Раздел 2. Управление данными и аналитикой:

Собираете ли вы данные о состоянии полей (влажность, температура, состояние растений) с использованием дронов, спутников или IoT-датчиков?

Применяете ли вы платформы для анализа данных, такие как BI-системы или специализированные агротехнические платформы?

Используются ли системы предсказательной аналитики для прогнозирования урожайности и планирования агротехнических мероприятий?

Насколько интегрированы данные из различных источников (полевые датчики, метеостанции, техника) в единую систему управления?

Раздел 3. Управление ресурсами:

Есть ли у вас ERP-система или платформа для управления ресурсами (семена, удобрения и техника)?

Какая доля техники оснащена системами мониторинга состояния и контроля (уровень топлива, состояние двигателя)?

Как вы планируете закупки ресурсов (удобрения, семена) и техники? Используете ли вы аналитические инструменты для прогнозирования потребностей?

Насколько интегрированы ваши системы управления ресурсами с цепочкой поставок и логистическими платформами?

Раздел 4. Организационная структура и компетенции персонала:

Есть ли у вас программы обучения сотрудников по использованию цифровых технологий и агротехнических решений?

Насколько вовлечены сотрудники в процесс цифровизации? Поддерживают ли они внедрение новых технологий?

Используются ли на предприятии цифровые системы или онлайн-платформы для повышения квалификации и обучения персонала?

Доступны ли информация и поддержка для сотрудников, работающих с новыми технологиями (внутренняя база знаний, поддержка IT-отдела)?

Раздел 5. Управление бизнес-процессами:

Какие бизнес-процессы на предприятии (посадка, обработка, сбор урожая, управление орошением) автоматизированы?

Используете ли вы платформы для планирования полевых работ и контроля их выполнения?

Насколько процессы интегрированы в единую систему управления (ERP, FMS)? Насколько легко получить доступ к информации о процессе в режиме реального времени?

Как вы оцениваете операционную эффективность предприятия? Используются ли цифровые инструменты для анализа производительности и снижения затрат?

Чек-лист предполагает закрытые ответы в отличие от опросника и помогает систематически проверять наличие и использование информационных систем и технологий, а также состояние объектов информатизации – бизнес-процессов на растениеводческом предприятии (табл. 9).

Таблица 9

Чек-лист для оценки состояния цифровой инфраструктуры растениеводческого предприятия

Категория	Показатели	Да/Нет	Комментарии
<i>Технологическая инфраструктура и автоматизация</i>			
Наличие IoT-устройств для мониторинга	Установлены ли метеостанции, датчики почвы, температуры и влажности?		
GPS-навигация и системы параллельного вождения	Используются ли GPS и системы параллельного вождения для полевых работ?		

Категория	Показатели	Да/Нет	Комментарии
ГЛОНАСС-навигация	Подключена ли техника к системе ГЛОНАСС для мониторинга и контроля перемещений на полях?		
Автоматизация техники	Есть ли возможность автономной работы техники (автопилоты, системы распознавания препятствий)?		
<i>Телекоммуникационное оборудование и передача данных</i>			
Беспроводная передача данных	Используются ли беспроводные сети (4G, 5G, Wi-Fi, LoRaWAN) для передачи данных с IoT-устройств?		
Базовые станции и точки доступа	Установлены ли на предприятии базовые станции или точки доступа для обеспечения покрытия беспроводной сетью?		
Доступность и качество связи	Поддерживаются ли стабильное покрытие и высокая скорость передачи данных на полях?		
Облачное хранилище данных	Используется ли облачное хранилище для хранения данных и удаленного доступа?		
Локальные серверы	Есть ли локальные серверы для обработки и хранения данных в автономном режиме?		
<i>Управление данными и аналитикой</i>			
Сбор и хранение данных	Хранится ли информация о производственных процессах и состоянии техники в цифровом виде?		
BI-инструменты для визуализации	Используются ли платформы для визуализации и анализа данных (Power BI, Tableau)?		
Предсказательная аналитика	Применяются ли инструменты предсказательной аналитики для прогнозирования урожайности и рисков?		
Интеграция данных из различных источников	Объединены ли данные с IoT-устройств, учетных систем и полевых отчетов в единую платформу?		

Категория	Показатели	Да/Нет	Комментарии
Данные о погоде и климате	Используются ли метеоданные и данные о почве для оптимизации работы?		
<i>Интеграция и управление ресурсами</i>			
ERP-система для учета ресурсов	Есть ли ERP-система для учета всех основных ресурсов (удобрения, семена, топливо)?		
Автоматизация учета топлива	Поддерживаются ли автоматический учет и контроль расхода топлива на технике?		
Управление запасами удобрений и семян	Ведется ли цифровой учет запасов удобрений, агрохимикатов и семян?		
Интеграция систем управления и учета	Связаны ли ERP и другие системы для интегрированного управления ресурсами и процессами?		
Доступ к информации о состоянии полей	Доступны ли данные о состоянии полей (влажность, плотность посевов) для всех уровней управления?		
<i>Управление знаниями и обучением персонала</i>			
Система обучения сотрудников	Есть ли программы обучения для сотрудников по использованию цифровых решений?		
Поддержка информационной безопасности	Ведется ли обучение сотрудников по вопросам информационной безопасности и защите данных?		
Внутренняя база знаний	Существует ли внутренняя база знаний для доступа к инструкциям и регламентам работы?		
Доступ к технической поддержке	Обеспечены ли постоянная техническая поддержка и консультации для сотрудников?		
Цифровая грамотность сотрудников	Поддерживается ли программа для развития цифровых компетенций и грамотности среди персонала?		
<i>Управление процессами и операционная эффективность</i>			
Автоматизация процессов полевых работ	Внедрена ли автоматизация ключевых полевых процессов (посев, орошение, уборка)?		

Продолжение табл. 9

Категория	Показатели	Да/Нет	Комментарии
Управление посевами и севооборотом	Используются ли цифровые решения для планирования севооборота и управления посевами?		
Контроль операционной эффективности	Проводится ли регулярный анализ данных для оценки операционной эффективности техники и ресурсов?		
Учет простоев и времени на ремонт	Учитываются ли время простоев и затраты на ремонт в планировании?		
Управление логистикой и транспортировкой	Применяются ли цифровые решения для планирования и контроля логистики и транспортировки продукции?		

Источник: составлено авторами.

3. Идентификация проблем и определение направлений трансформации

На основе заполненного опросника и чек-листа формируется картина текущего состояния предприятия. Выявляются проблемные места, такие как отсутствие программ обучения или недостаточная автоматизация процесса выдачи предписаний на проведение агротехнологических операций. Для объективной оценки и дальнейшего выхода на практические решения по цифровой трансформации бизнес-процесса или сельхозорганизации в целом необходимо использовать каталоги рисков и уязвимостей цифровой архитектуры растениеводческого предприятия [37].

Анализ выявленных в архитектуре рисков и уязвимостей, которые могут подорвать эффективность цифровой инфраструктуры и ухудшить текущее и перспективное устойчивое функционирование предприятия, должен иметь не только описательную, но и стоимостную оценку, соответствовать принципам управления научно-техническим развитием [49].

На основе анализа цифровой зрелости растениеводческого предприятия выявляются два ключевых типа проблем, которые позволяют систематически оценивать эффективность текущей цифровой архитектуры и определять перспективы для её развития, направленные

ного на повышение рентабельности и конкурентоспособности. Эти проблемы условно можно разделить на две группы: дисфункции действующей цифровой инфраструктуры и зоны упущенной выгоды и развития, обусловленные отсутствием или недостаточной реализацией цифровых решений.

Первый тип проблем связан с зоной дисфункций текущей цифровой архитектуры и отражает недостаточную эффективность внедренных цифровых решений. Такие дисфункции включают в себя выявленные уязвимости в работе информационных систем, несовершенства телекоммуникационной инфраструктуры, низкий уровень интеграции различных систем и оборудования, а также проблемы с обеспечением безопасности данных.

Например, одной из распространенных проблем может стать нарушение работы системы управления орошением, вызванное задержками в передаче данных от датчиков влажности к системе автоматического полива. При задержках или неполной передаче данных от датчиков полив может быть запущен с опозданием, что приводит к пересыханию почвы или, напротив, избыточному увлажнению, что неблагоприятно сказывается на урожайности. Для предприятия с площадью полей около 5 тыс. га такие сбои могут привести к снижению урожайности на 5%, что при средней урожайности 30 ц/га и стоимости 1 ц пшеницы около 12 тыс. руб. будет эквивалентно потере около 9 тыс. т урожая или примерно 108 млн руб. в год.

Другой тип дисфункции может возникнуть из-за недостаточного покрытия сети в отдаленных частях полей, что снижает точность мониторинга техники. При отсутствии стабильного покрытия системы ГЛОНАСС и GPS, которые обеспечивают точное позиционирование сельхозтехники, могут прерывать передачу данных, что ведет к нерациональному использованию техники и перерасходу топлива. Стоимость эксплуатации трактора или комбайна, включая топливо и амортизацию, в среднем составляет 2 тыс. руб. в час, если неполадки в передаче данных приводят к потерям 2 ч работы в день, это может составлять около 1,5 млн руб. в год на единицу техники. В масштабах крупного хозяйства с парком из 100 ед. такие потери могут достичь 150 млн руб.

Второй тип проблем охватывает зоны упущенной выгоды и развития, которые касаются тех областей, где потенциал цифровизации не реализован, что ограничивает производительность предприятия и снижает его финансовые показатели, в том числе потенциальные возможности привлечения заемного капитала взамен традиционных банковских кредитных продуктов [11]. В отсутствие современных цифровых решений эти зоны или провалы препятствуют предприятию в полном объеме воспользоваться преимуществами автоматизации и оптимизации бизнес-процессов.

Например, отсутствие цифровых инструментов для управления складскими процессами, такими как системы учета размещения товарно-материальных ценностей, не позволяет эффективно контролировать хранение и перемещение удобрений, семян и средств защиты растений. В результате такого упущения увеличиваются логистические расходы, снижается скорость доступа к необходимым ресурсам и растут складские затраты. Если в крупном хозяйстве недостаточная оптимизация складирования увеличивает расходы на 10% от общего объема запасов при том, что на складах находятся запасы, эквивалентные 20% от себестоимости, это может означать дополнительные издержки до 8 млн руб. ежегодно для предприятия среднего размера.

Ещё одним важным примером упущенной выгоды является недостаток прогнозных инструментов для управления ценообразованием. При себестоимости, достигающей 80% от выручки, значительную роль играет гибкость ценообразования. Без прогнозных аналитических систем предприятие может терять до 5% потенциальной выручки, так как его цены не адаптируются к изменениям спроса и сезонным колебаниям. Для предприятия с выручкой 2 млрд руб. это может привести к потере до 100 млн руб., которые можно было бы получить, используя прогнозные инструменты для анализа спроса и гибкого ценообразования.

Совокупные потери от дисфункций текущей цифровой архитектуры и упущенной выгоды от недостаточного использования цифровых решений могут достигать значительных сумм – 200-300 млн руб. ежегодно, в зависимости от масштаба и специфики деятельности предприятия. Эти оценки подчеркивают важность устранения как технологических дисфункций, так и освоения зон

упущенной выгоды. Инвестиции в цифровые решения и оптимизацию бизнес-процессов не только помогают предприятию адаптироваться к современным требованиям, но и создают значительный экономический эффект, способствуя устойчивому росту и рентабельности предприятия в долгосрочной перспективе.

Каталог уязвимостей, представленный ниже, охватывает ключевые аспекты цифровой архитектуры и системно структурирует основные риски, актуальные для различных компонентов цифровой среды предприятия. Эти уязвимости сгруппированы по категориям, которые охватывают технологическую инфраструктуру и автоматизацию, телекоммуникационные сети, управление данными и аналитикой, а также ресурсами и логистикой, знаниями и обучением персонала, операционными процессами и, наконец, импортозависимостью предприятия [76]. Такой подход позволяет глубже понять, каким образом недостатки в цифровой архитектуре могут повлиять на производственные процессы и рентабельность в растениеводческом секторе.

Уязвимости технологической инфраструктуры и автоматизации. Одним из ключевых источников уязвимостей цифровой инфраструктуры являются технологические компоненты, обеспечивающие автоматизацию основных производственных процессов. Аппаратные уязвимости включают в себя устаревшее оборудование, которое может не поддерживать актуальные протоколы и стандарты передачи данных, а также обладать низкой устойчивостью к погодным условиям, что повышает вероятность сбоев и сокращает срок службы устройств. Не менее значимыми являются уязвимости, связанные с работой IoT-устройств, таких как датчики температуры и влажности. Недостаточная точность измерений или частая потребность в техническом обслуживании и замене может не только увеличивать расходы, но и создавать дополнительные трудности при принятии решений, основанных на данных с этих устройств.

Технические сбои, возникающие в автоматизации техники, также влияют на общее качество цифровой среды предприятия. Ограниченная функциональность автопилотов и систем параллельного вождения может снижать точность выполнения задач на поле, приводя к перерасходу ресурсов и повышенным эксплуатационным расходам. Проблемы с обработкой данных локальными и облачными решения-

ми, обусловленные недостаточной мощностью серверов или зависимостью от интернет-соединения, могут стать фактором потерь производительности и ограничить способность предприятия оперативно реагировать на изменения в производственных условиях. Одним из значимых рисков для технологической инфраструктуры является несовместимость стандартов и протоколов передачи данных между разными устройствами, что особенно проявляется в случае интеграции IoT-систем с разнородными устройствами телеметрии.

Уязвимости телекоммуникационного оборудования и передачи данных. Телекоммуникационная инфраструктура, обеспечивающая передачу данных между различными компонентами цифровой среды, играет важнейшую роль в работе современных растениеводческих предприятий. Недостаточное покрытие полей беспроводными сетями (4G, 5G, LoRaWAN) и отсутствие резервных каналов связи могут существенно ограничить возможность передачи данных в режиме реального времени, создавая риски задержек и перебоев в работе устройств. Низкое качество сигнала или его отсутствие в удаленных зонах может препятствовать оперативному мониторингу техники и сбору данных с IoT-устройств, что усложняет управление ресурсами и повышает затраты на их эксплуатацию. Одной из ключевых уязвимостей телекоммуникационного оборудования является недостаточный уровень защиты данных при передаче, вызванный отсутствием надежных методов шифрования или недостаточной аутентификацией пользователей.

Риски также связаны с несовместимостью систем передачи данных, что проявляется в сложностях подключения устройств, использующих разные протоколы. Различия в стандартах передачи данных не только затрудняют интеграцию с существующими системами, но и препятствуют формированию единой информационной среды, что негативно сказывается на точности анализа данных и эффективности их использования в управленческих решениях.

Уязвимости в управлении данными и аналитикой. Управление данными и их анализ составляют основу для принятия стратегических решений в растениеводческом бизнесе. Однако одним из значимых рисков для предприятий являются разрозненность данных и их неполнота, возникающие из-за отсутствия синхронизации

между различными системами, такими как ERP, FMS и IoT-устройства. Это приводит к задержкам в обновлении информации и затрудняет ее консолидацию для аналитических и управленческих задач.

Также наблюдаются уязвимости, связанные с ограниченной функциональностью BI-инструментов и аналитических платформ, которые не всегда позволяют строить прогнозы на основе сезонных и погодных данных. Недостаточная интеграция данных из различных источников может затруднять использование актуальной информации для оперативного реагирования на изменяющиеся условия. Проблемы с совместимостью данных и различия в их форматах и протоколах передачи между системами также становятся значимым барьером для аналитической работы и повышения эффективности управления предприятием.

Уязвимости в управлении ресурсами и логистике. Эффективное управление ресурсами и логистикой требует слаженной работы ERP-системы и других учетных систем. В случае отсутствия достаточной автоматизации учета удобрений, топлива и запчастей возникают значительные риски несоответствия фактических и плановых данных, что приводит к перерасходу ресурсов и повышению затрат. Отсутствие интеграции ERP-системы с полевыми системами затрудняет централизованный учет и контроль использования ресурсов, что может привести к потерям из-за нерационального распределения.

Неоптимизированные процессы складирования и логистики также представляют собой уязвимости, которые могут снижать производительность и увеличивать расходы. Недостаток цифровых решений для планирования маршрутов техники или размещения товарно-материальных ценностей на складе приводит к избыточным временным и материальным затратам на транспортировку.

Уязвимости в управлении знаниями и обучением персонала. Критическим фактором успешной цифровизации предприятия является квалификация сотрудников [22]. Отсутствие программ обучения цифровым навыкам снижает способность работников эффективно использовать IT-решения, что может привести к ошибкам и простоям. Недостаточная осведомленность о мерах информационной безо-

пасности, в свою очередь, увеличивает вероятность утечек данных и других инцидентов, связанных с человеческим фактором. Проблемы также могут возникнуть из-за отсутствия внутренней базы знаний, что затрудняет доступ к инструкциям и процедурам, необходимым для работы с цифровыми системами, и вынуждает сотрудников обращаться к внешней технической поддержке, что приводит к замедлению процессов.

Уязвимости в операционной эффективности и управлении процессами. Автоматизация процессов растениеводства предприятия часто сталкивается с ограничениями, связанными с возможностями устаревшей техники. Ограниченная автоматизация таких процессов, как посев, орошение и уборка, увеличивает трудозатраты и снижает производительность предприятия. Недостаточный учет простоев и затрат на ремонт также приводит к неоптимальному использованию ресурсов и увеличению временных затрат. Недостаток прогнозных моделей для оценки спроса и управления запасами продукции ограничивает возможности предприятия реагировать на изменения в рыночной конъюнктуре, что приводит к снижению конкурентоспособности и рентабельности.

Уязвимости, связанные с импортозависимостью от зарубежного ПО, оборудования и техники. Значительной уязвимостью для многих предприятий является их импортозависимость от зарубежных поставщиков программного обеспечения и оборудования, что делает предприятие уязвимым к перебоям в поставках и изменению условий лицензирования [24]. В условиях нестабильной международной политики существует риск прерывания поставок запчастей и ограниченного доступа к технической поддержке и обновлениям программного обеспечения, что может привести к простоям оборудования и потере данных. Ограниченный доступ к обучающим материалам и технической документации на русском языке также снижает эффективность работы сотрудников и увеличивает вероятность ошибок [82].

Кроме того, импортозависимость повышает финансовые риски, так как затраты на эксплуатацию оборудования и лицензионное обслуживание программного обеспечения зависят от валютных колебаний, что может привести к увеличению себестоимости продукции.

Уязвимости также возникают из-за несовместимости зарубежных стандартов и протоколов передачи данных с отечественными решениями, что затрудняет интеграцию импортного оборудования и ПО в существующую инфраструктуру [82].

Таким образом, каталог уязвимостей цифровой архитектуры растениеводческого предприятия позволяет выявить критические риски, которые могут подорвать эффективность и устойчивость цифровой инфраструктуры. Включение категории импортозависимости и несовместимости стандартов подчеркивает необходимость разработки стратегии по минимизации рисков, связанных с использованием зарубежных технологий, а также выбора цифровых решений, соответствующих национальным стандартам и способных интегрироваться в единую информационную среду предприятия.

4. Риски и меры их смягчения

Цифровое профилирование растениеводческого предприятия – это не просто проект, направленный на внедрение технологий для повышения эффективности сельскохозяйственного производства, но и сложный процесс системного анализа уровня цифровой зрелости предприятия. Он включает в себя сбор и обработку данных о существующих информационно-коммуникационных технологиях (ИКТ) с целью выявления уязвимых мест, определения проблемных зон и формирования рекомендаций по дальнейшему совершенствованию. В этой связи проект сопряжен с рядом рисков и прежде всего отраслевых [70], которые могут ослабить или заблокировать его реализацию и которые нужно учитывать и тщательно управлять ими.

Для систематизации и управления рисками в рамках цифрового профилирования целесообразно использовать методологию управления рисками, предложенную компанией Gartner. Эта методология признана одной из наиболее эффективных в области IT-консалтинга и цифровой трансформации. Она включает в себя классификацию рисков на стратегические, операционные, финансовые и риски ответственности, а также разработку эффективных мер по их смягчению.

Цифровое профилирование растениеводческого предприятия

сталкивается с рядом вызовов, которые можно сгруппировать по нескольким категориям.

Стратегические риски. Одним из важнейших рисков является неправильное понимание целей и интересов собственников предприятия и топ-менеджмента. Нередко стратегические задачи агропредприятия и цифровое профилирование могут не совпадать по приоритетам, что ведет к отсутствию поддержки со стороны ключевых заинтересованных сторон [77]. Проект может оказаться под угрозой, если собственники предприятия будут рассматривать цифровое профилирование как нечто второстепенное, не приносящее немедленной пользы.

Для предотвращения этого риска рекомендуется проводить регулярные консультации с собственниками и топ-менеджментом, разрабатывать дорожные карты, отражающие стратегические цели, и устанавливать четкие критерии успеха, которые бы гарантировали прозрачность проекта цифровизации и его ценность для предприятия. Кроме того, необходимо учитывать государственную повестку и интегрированность стратегических целей растениеводческого предприятия с интересами и требованиями государства по обеспечению технологического суверенитета в АПК и в целом продовольственной безопасности России [50].

Операционные риски. Цифровое профилирование – это работа с большим массивом данных, которые необходимо правильно описывать и обрабатывать. Ошибки и неточности на этапе описания и сбора данных могут негативно повлиять на достоверность профилирования. Например, при некорректном описании этапов производства возникает риск получения ложных выводов, что в конечном итоге может привести к неправильным решениям.

Чтобы минимизировать этот риск, необходимо стандартизировать методы описания и проверки данных, внедрить многоуровневую систему проверки с привлечением независимых экспертов, а также регулярно обучать сотрудников для повышения их компетентности и снижения влияния человеческого фактора.

Финансовые риски. Цифровое профилирование требует значительных инвестиций, и существует риск, что затраты на проект

могут превысить бюджет, а результат не оправдает ожиданий. Финансовые риски включают в себя нестабильность валют при закупке оборудования, превышение затрат на выполнение задач и недостаточную окупаемость проекта.

Для смягчения этих рисков рекомендуется проводить детальный анализ затрат и прогнозов на основе финансового моделирования, оптимизировать бюджет путем выделения приоритетных направлений профилирования и регулярно контролировать затраты, чтобы оперативно корректировать бюджет при возникновении непредвиденных обстоятельств.

Риски обеспечения инфраструктуры. Немаловажным фактором для успешного цифрового профилирования является качественная инфраструктура. На практике многие сельхозпредприятия сталкиваются с отсутствием доступа к высокоскоростному интернету, проблемами с энергообеспечением и слабым покрытием сетями связи. Эти ограничения существенно усложняют процесс сбора данных и мониторинга.

Для минимизации этих рисков требуются проведение детального анализа инфраструктурных потребностей предприятия, организация сотрудничества с провайдерами услуг связи, внедрение гибридных облачных решений и использование мобильных технологий для работы на удаленных участках.

Риски соответствия и информационной безопасности. Немаловажным аспектом развития цифрового профилирования сельхозтоваропроизводителей является тот факт, что цифровая трансформация сельхозпредприятия создает для него новую группу рисков – рисков защиты данных и обеспечения информационной безопасности на всех уровнях архитектуры сельхозпредприятия [74].

Внедрение цифровых решений сопряжено с рисками несоответствия нормативно-правовым требованиям, а также с угрозами информационной безопасности. Несоблюдение требований законодательства может повлечь за собой юридические последствия, а утечки данных могут нанести непоправимый ущерб репутации предприятия.

Для минимизации данных рисков необходимо обеспечить проведение юридической экспертизы всех внедряемых решений, а также внедрение мер по информационной безопасности, таких как шиф-

рование, аутентификация пользователей и разработка политики защиты данных. Создание системы резервного копирования данных и регулярное тестирование процедур восстановления информации также являются важными компонентами стратегии минимизации данных рисков.

Методология, разработанная Gartner, предполагает использование комплексного подхода к управлению рисками. В первую очередь она включает в себя идентификацию рисков на начальном этапе, что позволяет заранее подготовиться к возможным угрозам. Затем осуществляется оценка рисков по степени вероятности и их потенциального воздействия на проект, что помогает разработать стратегии реагирования и определить приоритеты [70].

Также методология предусматривает разработку стратегий реагирования на риски, включая планирование мероприятий по минимизации негативного воздействия отраслевых и общехозяйственных рисков, и регулярный мониторинг [88], что позволяет отслеживать изменения в условиях и адаптировать стратегию управления рисками на протяжении всего проекта цифровизации.

Применение адаптированной методологии в проекте цифрового профилирования растениеводческого предприятия способствует не только минимизации влияния рисков, но и обеспечивает высокую вероятность успешного достижения всех поставленных целей. Это позволяет проводить цифровое профилирование предприятия на качественно новом уровне, что в финале способствует повышению эффективности работы, снижению издержек, улучшению качества продукции и, соответственно, усилению конкурентных преимуществ предприятия в аграрном секторе.

5. Предложения и рекомендации по разработке целевых моделей цифровизации растениеводческих предприятий

Рассмотренная целевая модель предоставляет комплексное видение цифровизации растениеводческих предприятий, начиная от оценки текущего состояния и заканчивая планом внедрения и управления результатами. Она позволяет структурированно и поэтапно интегрировать цифровые технологии, что соответствует современ-

ным стандартам и подходам к управлению цифровыми трансформациями в агропромышленном комплексе.

Создание целевых моделей цифровизации сельхозорганизаций требует интегрированного подхода, учитывающего уникальные особенности каждого предприятия, его размер, региональные и климатические условия, а также текущий уровень развития и зрелости бизнес-процессов. Важно понимать, что цифровая трансформация в аграрном секторе – это не просто внедрение новых технологий, но и адаптация существующих процессов и структуры предприятия к новым условиям, обеспечивающая устойчивое развитие и повышение эффективности [78].

С учетом изложенного для создания таких целевых моделей предлагается и рекомендуется следующее.

1. Адаптивный и поэтапный подход к цифровизации. При разработке целевой модели необходимо учитывать, что каждое предприятие находится на своем уровне готовности к внедрению цифровых решений. Целесообразно начинать с базового уровня автоматизации и постепенно переходить к более сложным и интегрированным решениям. Это позволяет минимизировать риски и затраты, постепенно наращивая цифровую зрелость и вовлекая персонал в процесс трансформации.

Рекомендуется начинать с создания «дорожной карты» цифровизации, которая будет включать в себя ключевые этапы перехода – от базовой автоматизации (например, внедрения систем учета и мониторинга) к более сложным решениям, таким как автономные системы управления техникой и предсказательная аналитика. Такой подход, в особенности учитывающий применение программно-целевых методов и средств изменения целевой модели растениеводческого предприятия, позволяет планировать ресурсы и бюджет на каждом этапе, оценивая промежуточные результаты и корректируя стратегию [55].

2. Учет региональных и производственных особенностей. Важно учитывать специфику региона, в котором действует сельхозтоваропроизводитель. Климатические и географические условия могут существенно влиять на выбор технологий и решений. Например, в регионах с засушливым климатом особое внимание следует уделять

системам управления орошением и мониторинга почвы, тогда как в регионах с преобладанием сезонных дождей потребуются более продвинутая метеорологическая аналитика и мониторинг состояния растений.

Рекомендация заключается в том, чтобы разрабатывать модели, ориентированные на специфику предприятия, учитывая используемые культуры, доступные ресурсы и существующую инфраструктуру. Это требует гибкости и возможности настройки технологических решений под конкретные региональные или районные условия ведения растениеводства.

3. Интеграция цифровых технологий с существующими системами. Одним из ключевых аспектов создания целевой модели является интеграция новых цифровых решений с существующими системами управления предприятием (например, ERP-системами на базе «1С»). Важно, чтобы новые технологии не создавали отдельные изолированные информационные «острова», а работали в единой системе, позволяя агрегировать и анализировать данные из разных источников в одном месте.

В этой связи рекомендуется ориентироваться на создание «единой цифровой платформы», объединяющей данные с полей, сельхозтехники, ресурсов и учетно-финансовых систем. Это не только повышает эффективность управления, но и предоставляет возможности для более точного и быстрого анализа, прогнозирования и принятия решений.

4. Использование модульного подхода в цифровизации. Для того чтобы обеспечить гибкость и масштабируемость цифровой трансформации, целесообразно использовать модульный подход при разработке целевой модели. Это предполагает внедрение отдельных модулей (система мониторинга полей, управление техникой, учет ресурсов) с возможностью их постепенной интеграции в общую систему.

Модульный подход позволяет фокусироваться на приоритетных областях и внедрять решения, которые сразу дадут наибольший эффект (например, автоматизация полива или управление урожайностью). Такой формат также упрощает адаптацию и обучение персо-

нала, так как каждая новая система внедряется постепенно и сопровождается обучением пользователей.

5. Обеспечение поддержки и обучения персонала на всех этапах цифровизации. Одна из важных составляющих успешного создания целевой модели – готовность и поддержка персонала. Внедрение цифровых технологий часто встречает сопротивление из-за нехватки навыков или страха перед изменениями. Поэтому важно включать в целевую модель меры по обучению сотрудников на каждом этапе, начиная с базовых курсов по использованию новых технологий и заканчивая более специализированными тренингами по работе с аналитическими системами и управлению данными.

Также важно создавать внутри предприятия культуру цифровых инноваций, поощряя сотрудников участвовать в процессе трансформации и предлагать идеи для улучшения [40]. Это повышает их вовлеченность и может улучшить адаптацию к новым цифровым условиям выполнения обязанностей.

6. Фокус на аналитике и использовании данных для принятия решений. Цифровизация предоставляет доступ к огромным объемам данных, но их правильное использование требует наличия продвинутых аналитических инструментов и подходов. Изучение зарубежного опыта показывает, что целевая модель цифровизации должна предусматривать не только сбор данных с полей и оборудования, но и использование технологий анализа больших данных и машинного обучения для поддержки принятия решений [14].

Рекомендуется внедрение систем поддержки принятия решений (DSS), которые будут помогать менеджменту анализировать данные, выявлять тренды и оптимизировать производственные процессы на основе прогнозов. Это может включать в себя прогнозирование урожайности, оптимизацию расхода ресурсов и учет климатических факторов, влияющих на посеvy.

7. Создание экосистемы партнерств и обмена данными. Целевые модели цифровизации могут быть более эффективными, если они интегрируются в более широкую экосистему партнеров и поставщиков. Это могут быть агротехнологические компании, поставщики семян и удобрений, метеорологические службы и платформы для ана-

лиза данных. Создание таких партнерств позволяет получать доступ к дополнительным данным и ресурсам, которые могут повысить эффективность производства.

Рекомендуется разрабатывать модели с учетом интеграции с внешними платформами и сервисами, такими как маркетплейсы для продажи продукции или государственные системы для отслеживания и отчетности по типу ФГИС Минсельхоза России «Единая цифровая платформа АПК» [51]. Это поможет расширить возможности предприятия и облегчить выход на новые рынки, в том числе вести сбор данных и выявлять риски развития агропродовольственных рынков, связанные с изменением традиционных систем питания и замещения традиционного сельскохозяйственного товаропроизводства [92].

8. Использование цифровых двойников для моделирования и оптимизации процессов. Важно учитывать, что одна из передовых технологий, которая может быть включена в целевую модель, – это создание цифровых двойников. Эти виртуальные модели позволяют в режиме реального времени моделировать и прогнозировать развитие различных сценариев, анализировать влияние изменений в управлении и определять оптимальные стратегии. Рекомендуется разрабатывать модели с учетом создания цифровых двойников полей и производственных процессов, которые позволят управлять производством более гибко и точно, снижая риски и повышая урожайность, связываясь с оценками прогнозирования и моделирования состояния отраслевых продовольственных балансов на уровне региона и страны [30].

Таким образом, создание целевых моделей цифровизации сельхозтоваропроизводителей требует гибкости, адаптивности и стратегического планирования. Это процесс, который должен учитывать текущие возможности предприятия и создавать основу для его экономического роста и трансформации. Ключ к успеху – интеграция технологий с существующими информационными системами (даже если они имеют на текущий момент аналоговый характер, ведутся в бумажных журналах), фокус на аналитике данных и партнерствах, а также обучение и вовлечение как руководящего, так и линейного персонала на всех этапах.

3. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ И ИТ-РЕШЕНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ОЦЕНКУ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ БИЗНЕСА В СФЕРЕ РАСТЕНИЕВОДСТВА

Реализация комплекса мероприятий и ИТ-решений, направленных на оценку цифровой зрелости бизнеса в сфере растениеводства, требует системного подхода, который включает в себя как технологические, так и организационные аспекты. Основная цель такого подхода – не просто внедрение цифровизации инструментов и технологий, предусмотренных рассмотренными выше моделями цифровизации, но создание устойчивой корпоративной платформы для мониторинга, анализа и оптимизации всех бизнес-процессов растениеводческого предприятия на основе данных.

Для этого предлагается следующий алгоритм, включающий в себя комплекс нескольких последовательных этапов:

1. Оценка цифровой зрелости и создание стратегии цифровой трансформации.
2. Аудит и выбор ИТ-решений на основе текущих потребностей.
3. Модульное внедрение решений с пилотными проектами.
4. Создание центра управления данными и аналитики.
5. Интеграция IoT и систем дистанционного мониторинга.
6. Разработка и внедрение системы отчетности по цифровой зрелости.
7. Подготовка и обучение сотрудников для работы с цифровыми системами.
8. Создание механизма обратной связи и мониторинга эффективности.
9. Интеграция и использование данных для предсказательной аналитики и оптимизации.

Рассмотрим указанные этапы комплекса детальнее.

1. Оценка цифровой зрелости, проведение которой описано в предыдущих разделах, и создание стратегии цифровой трансформации

по сути означает интеграцию выводов цифрового профилирования с бизнес-целями предприятия.

Начинать реализацию необходимо с разработки стратегии оценки цифровой трансформации предприятия, которая будет увязана с долгосрочными бизнес-целями предприятия. В рамках цифрового профилирования это позволяет не только определить текущий уровень цифровизации (цифровой зрелости), но и установить четкие ориентиры на будущее, обеспечивая постепенное достижение планируемых показателей зрелости и бизнес-целей растениеводческого предприятия.

Важно заранее установить ключевые показатели эффективности (KPI), с одной стороны, такие как уровень автоматизации процессов, использование аналитических инструментов и интеграция систем, с другой – желаемые параметры финансово-хозяйственных целей. Это позволит измерять прогресс на всех этапах и корректировать стратегию цифровой трансформации в зависимости от результатов внедрения и эксплуатации новых IT-решений.

2. Аудит и выбор IT-решений на основе текущих потребностей. Параллельным, но в то же время самодостаточным этапом является проведение аудита текущей цифровой инфраструктуры и процессов. Включает в себя оценку используемого оборудования, программного обеспечения, систем управления бизнес-процессами и уровня интеграции данных. На основе этих данных можно определить, какие IT-решения наиболее релевантны данному предприятию и какие изменения в цифровой инфраструктуре необходимы.

После аудита следует выбрать IT-решения, которые можно интегрировать с существующими информационными системами хозяйства. В данном случае необходимо руководствоваться отнесением выявленного уровня цифровой зрелости предприятия к рассмотренным выше пяти моделям цифровизации и решением руководства хозяйства о целевой модели цифровизации. Это могут быть как готовые платформы типа FMS, так и отдельные решения – информационные системы мониторинга и анализа данных, которые зарекомендовали себя на рынке и имеют подтвержденные кейсы успешной реализации для референтных хозяйству предприятий. Важно подо-

брать решения, которые легко масштабируются и адаптируются под особенности бизнеса, имеют четкие SLA и, соответственно, высокий уровень технической, в том числе удаленной, поддержки хозяйства.

3. Модульное внедрение решений с пилотными проектами. Рекомендуется использовать модульный подход к внедрению IT-решений, начиная с пилотных проектов. Это позволяет минимизировать риски и оценить эффективность технологий на небольшом участке или отдельном процессе (полигоны). Например, можно начать с установки датчиков для мониторинга почвы на нескольких полях или внедрения системы управления орошением, а также установки датчиков уровня топлива и датчиков уровня зерна на отдельных тракторах и комбайнах.

Пилотные проекты служат хорошим индикатором эффективности и позволяют собрать данные для дальнейшего анализа. Если пилотное внедрение показывает положительные результаты, решение можно масштабировать и интегрировать в другие части хозяйства.

4. Создание центра управления данными и аналитики. Для оценки цифровой зрелости и эффективного управления данными важно создать центр управления данными. Это может быть облачная платформа, которая объединяет данные с различных источников (датчики, контроллеры, системы управления полями, ERP-система) и предоставляет аналитические инструменты для их обработки.

Использование платформ на основе бизнес-аналитики (BI) и больших данных (Big Data) позволяет создать интерактивные дашборды и визуализации, отображающие ключевые показатели зрелости и динамику изменений «на лету» [56]. Это помогает менеджерам и агрономам оперативно реагировать на изменения («сигнальная функция») и усиливать принятие решений на основе объективных данных.

5. Интеграция IoT и систем дистанционного мониторинга. Важно установить комплексное использование IoT-устройств и систем дистанционного мониторинга, таких как БПЛА и спутниковые снимки. Эти технологии позволяют собирать данные в режиме реального времени и предоставляют точную информацию о состоянии почв, погодных-климатических условиях, инвазиях насекомых и состоянии

сельхозкультур, что является ключевым аспектом для оценки зрелости бизнес-процессов.

Данные решения должны быть интегрированы в общую систему управления, чтобы данные, полученные с полей, могли быть сопоставлены с другими показателями, такими как эффективность использования сельхозтехники и кадров, качество выполнения агротехнологических операций, качество и количество собранного и доставленного на хранение урожая. Это позволяет получить более комплексную и точную картину зрелости предприятия.

6. Разработка и внедрение системы отчетности по цифровой зрелости. Необходимо разработать систему отчетности, которая будет регулярно собирать и анализировать данные о цифровой зрелости. Эта система должна включать в себя как автоматические отчеты на основе собранных данных, так и регулярные опросы сотрудников и анализ текущих бизнес-процессов сельхозорганизации.

Рекомендуется проводить регулярные оценки цифровой зрелости или, иными словами, аудит, например раз в полгода, чтобы отслеживать прогресс и корректировать стратегию цифровизации сельхозорганизации или отдельного бизнес-процесса. Важно также сравнивать показатели с отраслевыми стандартами и бенчмарками, чтобы предприятие могло видеть свою позицию на рынке и понимать, какие аспекты требуют улучшения.

7. Подготовка и обучение сотрудников для работы с цифровыми решениями в области растениеводства. Цифровизация будет успешной только в том случае, если персонал предприятия будет подготовлен и обучен работе с новыми инструментами и решениями. На каждом этапе внедрения следует организовывать тренинги и семинары, чтобы сотрудники могли ознакомиться с функционалом новых систем и понимать, как они способствуют улучшению процессов.

Рекомендуется также вводить практику «цифрового менторства», когда более опытные сотрудники, владеющие информационными технологиями, помогают своим коллегам адаптироваться к нововведениям. Это может способствовать более быстрому освоению новых ИТ-инструментов и повышению мотивации персонала к цифровым изменениям.

8. Создание механизма обратной связи и мониторинга эффективности. Реализация комплекса мероприятий должна сопровождаться механизмом постоянной обратной связи. Важно, чтобы сотрудники сельхозорганизации могли делиться своим опытом и предлагать улучшения исходя из повседневной работы с новыми системами. Это позволяет не только адаптировать инструменты под реальные потребности, но и повышает вовлеченность персонала в процесс цифровизации.

Помимо сбора обратной связи, следует внедрить системы мониторинга эффективности внедрения технологий, включая регулярный анализ затрат и полученных выгод, а также системы премирования или депремирования персонала за достижение/недостижение показателей в области соблюдения цифровой культуры. Это помогает оценить реальную окупаемость инвестиций и вносить коррективы в стратегию по мере необходимости и стимулировать поведенческие изменения у сотрудников сельхозорганизаций.

9. Интеграция и использование данных для предсказательной аналитики и оптимизации. Важно не просто собирать данные, а активно использовать их для предсказательной аналитики, оптимизации процессов и, самое главное, принятия производственных и управленческих решений в сельхозорганизациях. Предсказательная аналитика предполагает внедрение в процесс принятия решений алгоритмов машинного обучения, которые могут анализировать исторические данные и делать прогнозы по урожайности, состоянию посевов и необходимым агротехническим мероприятиям.

Такие решения позволяют перейти от реактивного управления к проактивному, когда предприятие заранее планирует действия на основе прогнозов, минимизируя риски и повышая эффективность. Это является важным шагом в развитии цифровой зрелости предприятия, делая его более устойчивым и конкурентоспособным.

Реализация комплекса мероприятий и IT-решений для оценки цифровой зрелости требует системного и адаптивного подхода. Ключевыми факторами успеха являются постепенное внедрение технологий, их интеграция с существующими системами, обучение и вовлечение сотрудников, а также постоянный мониторинг и оцен-

ка эффективности. Такой подход позволяет обеспечить успешную цифровую трансформацию, создавая условия для устойчивого роста и повышения эффективности бизнеса.

На основе итогов анализа теоретических аспектов реализации цифрового профилирования сельхозорганизаций можно предложить реализацию следующих мер:

- создание центра компетенций, обладающего функциями научного и проектно-технологического института цифровой трансформации АПК (элементом которой является цифровое профилирование);
- создание коллегиального органа из представителей государства, сельхозорганизаций, разработчиков цифровых решений и оборудования, обладающих полномочиями по формированию и утверждению реестров, рекомендуемых отечественных цифровых решений и оборудования для сельхозорганизаций;
- комплексную отработку самых совершенных цифровых технологий [50-53], имеющих подтвержденную реализацию и эффективность, подобно развитым странам, на нескольких эталонных объектах с оснащением их современными информационно-коммуникационными технологиями, киберфизическими системами (устройства, датчики, приборы), технологическим оборудованием и машинно-тракторным парком как совместимыми друг с другом, так и приспособленными к различным цифровым технологиям, охватывающим передовые разработки в мире, с последующим массовым внедрением наиболее эффективных из них по всей стране [26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Цифровое профилирование сельскохозяйственных организаций в растениеводстве является важным элементом цифровой трансформации АПК. Оно способствует реализации ключевой концепции цифровизации АПК, заключающейся в создании комплексной информационной системы, обеспечивающей всесторонний доступ к данным о состоянии и функционировании АПК на всех уровнях. Использование цифровых технологий позволяет не только собирать и анализировать производственную и рыночную информацию, но и применять ее для оптимизации управления сельхозорганизаций, что в конечном итоге способствует повышению эффективности и конкурентоспособности сельскохозяйственного производства.

2. Современная цифровая трансформация агропромышленного комплекса сталкивается с рядом серьезных проблем, среди которых можно выделить недостаточное развитие точного земледелия, нахождение на начальном этапе внедрения беспилотной сельскохозяйственной техники, отсутствие цифрового сельскохозяйственного рынка и ограниченную открытость государственного фонда пространственных данных по сельскохозяйственным землям. Также остро ощущается недостаток квалифицированных специалистов, обладающих знаниями в области цифровых технологий, что ограничивает темпы внедрения цифровых решений и снижает их эффективность. Устранение данных проблем требует комплексного подхода, включающего в себя как технологическое, так и кадровое развитие.

3. Эффективность цифровизации сельскохозяйственных предприятий может быть оценена на основе сопоставления полученных эффектов в денежном эквиваленте и совокупных затрат на цифровизацию. Основными показателями эффективности являются прирост производительности труда, сокращение издержек на производство, увеличение выручки, сокращение времени производственного цикла, улучшение качества продукции, сокращение времени на обработку данных и повышение устойчивости к изменениям внешней

среды. Сопоставление этих эффектов и затрат позволяет получить объективное представление о целесообразности и результативности цифровой трансформации.

4. Цифровое профилирование сельскохозяйственных предприятий в растениеводстве отличается от профилирования в других секторах АПК. Для растениеводческих организаций цифровое профилирование охватывает оценку уровня цифровой зрелости в таких ключевых областях, как управление посевами, агротехнические мероприятия по уходу за растениями, применение удобрений и средств защиты, а также организация сбора и хранения урожая. Проведение цифрового профилирования позволяет предприятию перейти от традиционного формата планирования к адаптивной системе управления, основанной на интеграции климатических, почвенных и рыночных данных в режиме реального времени. Это способствует значительному повышению точности и эффективности процессов, снижению издержек и увеличению производительности, что в конечном итоге способствует повышению конкурентоспособности на рынке.

5. Цифровое профилирование сельскохозяйственных предприятий требует использования современных методов анализа данных, таких как кластерный и факторный анализы, методы машинного обучения и технологии обработки больших данных. Эти методы позволяют анализировать и интегрировать разнообразные данные, поступающие с сенсоров, метеостанций и других устройств, что способствует более точной оценке состояния предприятия и улучшению планирования производственных операций.

6. Разработаны целевые модели цифровизации сельхозтоваропроизводителей в растениеводстве, которые могут быть классифицированы в зависимости от уровня цифровой зрелости, специфики предприятия и его стратегических целей. Эти модели охватывают этапы от начальной автоматизации (начальный уровень зрелости), автоматизации производственных процессов (средний уровень зрелости) до цифрового мониторинга и управления на основе данных (высокий уровень зрелости) и принятия решений на основе аналитики и методов искусственного интеллекта и машинного обучения (аналитический уровень зрелости).

Ключевые элементы (этапы) реализации целевой модели включают в себя определение методологии, сбор данных в полевых условиях, оценку фактической цифровой зрелости, составление рекомендаций и выработку плана цифровизации.

7. В современном высокоразвитом сельскохозяйственном производстве активно используются платформы управления сельскохозяйственным предприятием (FMS), киберфизические платформы для сбора, передачи, мониторинга и анализа данных (IoT- и VI-платформы), а также платформы для оценки цифровой зрелости (Digital Maturity Assessment Tools). Использование данных платформ позволяет осуществлять комплексное управление сельскохозяйственным предприятием, интегрировать все этапы производства и обеспечить доступность данных для принятия обоснованных управленческих решений.

8. Разработан проект по созданию целевой модели цифровизации растениеводческих предприятий. Он включает в себя разработку моделей цифровизации, рекомендации по их внедрению и подбор пакетов цифровых решений, релевантных масштабу и специфике растениеводческого бизнеса. Предложенные модели учитывают уровень зрелости цифровых технологий, производственные особенности и стратегические цели предприятия, что позволяет максимально адаптировать решения к специфике конкретного хозяйства.

9. Сформулирована экономическая сущность цифровой трансформации, основанная на выявлении и раскрытии задач цифровой трансформации и суммы экономических эффектов от решения этих задач.

10. Предлагается проводить цифровую трансформацию сельскохозяйственных организаций на основе архитектурного подхода. Технологическая архитектура цифровизации в сельском хозяйстве (цифровая инфраструктура) включает в себя системы мониторинга и сбора данных, системы FMS, цифровые двойники и модели для прогнозирования урожайности и управления рисками, облачные платформы для хранения данных и аналитические инструменты на основе искусственного интеллекта для поддержки принятия решений. Она определяет, какие технические и программные решения будут использоваться

для сбора, обработки и анализа данных, управления процессами, а также для интеграции с внешними системами и партнерами. Сформулированы требования к цифровой инфраструктуре в зависимости от масштаба предприятия.

11. Системный подход к цифровой трансформации включает в себя как технологические, так и организационные аспекты. Необходимо не просто внедрение моделей цифровизации, но создание устойчивой корпоративной платформы для мониторинга, анализа и оптимизации всех бизнес-процессов растениеводческого предприятия на основе данных. Для этого предлагается алгоритм, включающий в себя комплекс нескольких последовательных этапов: оценка цифровой зрелости и создание стратегии цифровой трансформации; аудит и выбор IT-решений на основе текущих потребностей; модульное внедрение решений с пилотными проектами; создание центра управления данными и аналитики; интеграция IoT и систем дистанционного мониторинга; разработка и внедрение системы отчетности по цифровой зрелости; подготовка и обучение сотрудников для работы с цифровыми системами; создание механизма обратной связи и мониторинга эффективности; интеграция и использование данных для предсказательной аналитики и оптимизации.

Разработанные методики, инструменты, алгоритмы и предложения могут быть использованы руководителями растениеводческих предприятий для планирования и реализации цифровой трансформации, специалистами IT-компаний для создания релевантных и востребованных решений. Их применение будет способствовать установлению партнерских отношений между сельхозтоваропроизводителями и поставщиками цифровых решений, что является важным элементом успешной цифровой трансформации агропромышленного комплекса, роста и повышения конкурентоспособности растениеводческих предприятий.

Использование цифровых решений позволяет существенно оптимизировать производственные и управленческие процессы, снизить издержки и повысить производительность, обеспечивая технологический суверенитет и продовольственную безопасность России.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Авельцов Д.Ю.** Перспективные направления развития системы управления зерновым хозяйством России // Управление рисками в АПК. – 2023. – № 4. – С. 9-19.

2. **Авельцов Д.Ю.** Развитие системы управления зерновым хозяйством России: возможности цифровых решений и экономическая эффективность // Управление рисками в АПК. – 2023. – № 3. – С. 9-21.

3. АНО Цифровая экономика. Официальный сайт проекта «Цифровая прокачка» [Электронный ресурс]. – URL: <https://prokachka.space/> (дата обращения: 05.09.2024).

4. **Виноградова Е.В.** Цифровой профиль: понятие, механизмы регулирования и проблемы реализации / Е.В. Виноградова, Т.А. Полякова, А.В. Минбалеев // Правоприменение. – 2021. – № 5. – С. 5-19.

5. **Водяников В.Т.** Цифровизация АПК: оценка и перспективы внедрения в аграрном секторе экономики страны / В.Т. Водяников, А.В. Эдер // Агроинженерия. – 2024. – Т. 26. – № 2. – С. 49-56.

6. **Володин В.М.** Предварительная оценка уровня цифровизации предприятий АПК на базе digital-анализа / В.М. Володин, Н.А. Надькина, А.А. Надькина // Менеджмент сегодня. – 2022. – № 4. – С. 314-329.

7. **Гольяпин В.Я.** Тенденции интеллектуализации тракторов и машинно-тракторных агрегатов / В.Я. Гольяпин, Н.П. Мишуков, Д.С. Буклагин, А.С. Апатенко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2021. – 88 с.

8. **Горбачев М.И.** Анализ развития и практический опыт применения цифровых технологий в АПК РФ / М.И. Горбачев, М.Н. Кушнарера // Доклады ТСХА: сб. Междунар. науч. конф., Москва, 3-5 декабря 2019 г. Вып. 292. – Ч. III. – М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – С. 390-393.

9. **Горбачев М.И.** Конкурентоспособность отечественных предприятий АПК в условиях цифровой трансформации / М.И. Горбачев, О.А. Моторин // Доклады ТСХА: сб. Междунар. науч. конф., посвящ. 175-летию К.А. Тимирязева, Москва, 6-8 декабря 2018 г. Вып. 291. – Часть IV. – М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2019. – С. 320-323.

10. **Горбачев М.И.** Модуль «смарт-торговля» как компонент личного кабинета сельхозтоваропроизводителя / М.И. Горбачев, Г.А. Суворов, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 2. – С. 76-84.

11. **Горбачев М.И.** Модуль «смартфинансы» как компонент личного кабинета сельхозтоваропроизводителя / М.И. Горбачев, Г.А. Суворов, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 3. – С. 85-93.

12. **Горбачев М.И.** О подходах к разработке ИТ-индекса в АПК / М.И. Горбачев, А.П. Петренко // Управление рисками в АПК. – 2019. – № 1. – С. 63-69.

13. **Горбачев М.И.** Развитие умного сельского хозяйства в России и за рубежом / М.И. Горбачев, О.А. Моторин, Г.А. Суворов // Управление рисками в АПК. – 2020. – № 2. – С. 63-73.

14. Зарубежный опыт цифровизации сельского хозяйства / Н.П. Мишууров, О.В. Кондратьева, В.Я. Гольяпин [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 224 с.

15. **Зацаринный А.А.** Интеграция приложений искусственного интеллекта в единую цифровую платформу АПК / А.А. Зацаринный, В.И. Мendenников, А. Н. Райков // Информационное общество. – 2023. – № 1. – С. 127-138.

16. Индекс развития цифровых технологий в агропромышленном комплексе Российской Федерации / А.П. Петренко, М.И. Горбачев, О.А. Моторин, Г.А. Суворов // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 2. – С. 56-67.

17. Инструменты цифровой трансформации предприятий АПК / В.Н. Кузьмин, Н.П. Мишууров, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2022. – № 3. – С. 66-73.

18. Искусственный интеллект в научно-техническом развитии сельского хозяйства / Н.П. Мишууров, В.Н. Кузьмин, О.А. Моторин [и др.] // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК: матер. XV Междунар. науч.-практ. конф., р.п. Правдинский, Московская обл., 8 июня 2023 г. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – С. 78-83.

19. **Козубенко И.С.** Интеграция ИТ-решений в сельское хозяйство Российской Федерации / И.С. Козубенко, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2017. – № 6. – С. 52-63.

20. **Козубенко И.С.** Современные системы мониторинга урожая и планирования урожайности масличных и зернобобовых культур в сельском хозяйстве Российской Федерации / И.С. Козубенко, О.А. Моторин, М.И. Свищева // Управление рисками в АПК. – 2019. – № 5. – С. 73-80.

21. **Козубенко И.С.** Электронное сельское хозяйство: использование цифровых технологий для развития устойчивых инклюзивных продовольственных систем и интеграции торговли / И.С. Козубенко, О.А. Моторин, М.И. Горбачев // Управление рисками в АПК. – 2018. – № 3. – С. 126-138.

22. Критерии выбора платформ для обучения аграрных специалистов: в фокусе университетов и центров ДПО / И.А. Кудинов, В.А. Багно, А.В. Стукалин [и др.] // Управление рисками в АПК. – 2024. – № 2. – С. 118-127.

23. **Кульба В.В.** Оценка уровня цифровой трансформации сельского хозяйства России / В.В. Кульба, В.И. Меденников // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2020: Тр. 13-ой Междунар. конф. – М.: Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2020. – С. 400-408.

24. **Кузьмин В.Н.** Риски импорта высокотехнологичного оборудования и расходных материалов / В.Н. Кузьмин, А.В. Эдер, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2023. – № 4. – С. 119-131.

25. **Линьков, Ю.В.** Подходы к классификации цифровых сервисов для АПК и развитие интегрированных решений с учетом геосервисов / Ю.В. Линьков, О.А. Моторин, М.В. Парфентьев // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 1. – С. 82-91.

26. **Меденников В.И.** Цифровая онтологическая интеграция базовых цифровых платформ в экосистеме АПК // Управление рисками в АПК. – 2020. – № 4. – С. 7-21.

27. **Меденников В.И.** Цифровая платформа управления как составная часть цифровой экосистемы АПК // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 3. – С. 26-38.

28. **Меденников В.И.** Цифровая экосистема АПК // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 2. – С. 35-46.

29. **Меденников В.И.** Цифровые стандарты – основа интеграции цифровых платформ АПК и других отраслей / В.И. Меденников, Ю.И. Микулец // Вестн. Мос. гуманит.-экон. ин-та. – 2021. – № 1. – С. 208-226.

30. Методические рекомендации по прогнозированию и моделированию развития АПК / М.А. Титов, А.А. Бирюкова, Н.Б. Сосунова [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 92 с.

31. Методические рекомендации по разработке регионального индекса цифровизации агропромышленного комплекса / А.Г. Архипов, С.Н. Косогор, К.А. Буланов [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 112 с.

32. Методы анализа данных о состоянии сельхозпредприятий / В.Н. Кузьмин, Н.П. Мишуоров, О.А. Моторин, М.Н. Степанцевич // Управление рисками в АПК. – 2022. – № 2. – С. 41-53.

33. Методы оценки экономической эффективности цифровой трансформации предприятий АПК / В.Н. Кузьмин, Н.П. Мишуоров, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2022. – № 2. – С. 30-40.

34. **Мишуоров Н.П.** Цели и задачи искусственного интеллекта в сельском хозяйстве / Н.П. Мишуоров, Ю.И. Чавыкин, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 3. – С. 39-49.

35. Моделирование бизнес-процессов на предприятиях АПК: учеб. / Е.В. Худякова, М.И. Горбачев, М.Н. Кушнарера [и др.]. – СПб.: «Лань», 2020. – 172 с.

36. **Моторин О.А.** Вопросы классификации платформенных решений в контексте исследования цифровых платформ сельского хозяйства / О.А. Моторин, А.В. Стукалин // Техничко-технологическое обеспечение инноваций в агропромышленном комплексе: матер. II Междунар. науч.-практ. конф., Мелитополь, 28-29 ноября 2023 г. – Мелитополь: Мелитоп. гос. ун-т, 2023. – С. 292-296.

37. **Моторин О.А.** К вопросу о классификации рисков в сельском хозяйстве // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 4. – С. 19-27.

38. **Мусина Д.Р.** Моделирование управленческих воздействий на субъекты агропромышленного комплекса в цифровой отраслевой платформе / Д.Р. Мусина, А.В. Янгиров, С.В. Харитонов // Дискуссия. – 2021. – № 4. – С. 42-48.

39. Нормативные затраты для определения функциональных характеристик сельскохозяйственной техники / В.Н. Кузьмин, Н.П. Мишуоров, О.В. Ухалина [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2022. – 308 с.

40. О внедрении современных информационно-технологических решений в сельское хозяйство / О.А. Моторин, М.И. Горбачев, А.П. Петренко, Г.А. Суворов // Управление рисками в АПК. – 2019. – № 4. – С. 105-122.

41. Определение уровней цифровой зрелости / О.А. Моторин, В.Н. Кузьмин, М.Н. Степанцевич, Е.В. Худякова // Техника и оборудование для села. – 2024. – № 7. – С. 15-17.

42. Опыт системного подхода к цифровой трансформации АПК и направления реорганизации / В.И. Меденников, И.М. Кузнецов, М.В. Макеев,

О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2020. – № 2 (36). – С. 52-62. – DOI 10.53988/24136573-2020-02-07. – EDN ZESAMV.

43. Оценка экономической эффективности внедрения информационных технологий в агропромышленном комплексе / И.С. Козубенко, В.И. Балабанов, И.В. Цветков [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 12. – С. 42-46.

44. План мероприятий по актуализации действующих и утверждению новых стратегических направлений в области цифровой трансформации ключевых отраслей экономики, социальной сферы, подготовленный во исполнение подпункта «м» пункта 1 перечня поручений Президента России от 1 сентября 2022 г. № Пр-1553 по итогам заседания Совета при Президенте России по стратегическому развитию и национальным проектам 18 июля 2022 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1305259154> (дата обращения: 05.09.2024).

45. **Подьяблонский П.А.** Цифровые агросервисы для эффективного управления сельхозугодьями: снижение затрат, рост урожайности, операционная эффективность / П.А. Подьяблонский, О.А. Моторин // Актуальные вопросы тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы: сб. матер. Всерос. науч.-практ. круглого стола, посвящ. 40-летию со дня образования кафедры тылового обеспечения уголовно-исполнительной системы экон. факультета, Рязань, 28 мая 2021 г. – Рязань: Акад. права и управления ФСИН, 2021. – С. 92-100.

46. Постановление Правительства России от 28 октября 2020 г. № 1750 «Об утверждении перечня технологий, применяемых в рамках экспериментальных правовых режимов в сфере цифровых инноваций» // Собр. законодательства Российской Федерации. – 2020. – № 44. – Ст. 7003.

47. Постановление Правительства России от 1 июля 2024 г. № 900 «О порядке учета ИТ-активов, используемых для осуществления деятельности по цифровой трансформации системы государственного (муниципального) управления» (вместе с «Положением об учете ИТ-активов, используемых для осуществления деятельности по цифровой трансформации системы государственного (муниципального) управления») // Собр. законодательства РФ. – 2024. – № 28. – Ст. 4028.

48. Приказ Минцифры России от 18.11.2020 № 600 «Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития Рос-

сийской Федерации «Цифровая трансформация» // Информационно-правовая система «Гарант» [Электронный ресурс]. – URL: <https://base.garant.ru/400186428> (дата обращения: 01.10.2024).

49. Принципы управления научно-техническим развитием сельского хозяйства в призме риск-ориентированных подходов / В.Н. Кузьмин, Н.П. Мишуков, О.А. Моторин [и др.] // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 3. – С. 9-15.

50. Продовольственная безопасность России по критериям товаров продовольственной корзины: новые вызовы / О.А. Моторин, Д.Ю. Авельцов, Н.П. Мишуков [и др.]: науч. изд. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 124 с.

51. Распоряжение Правительства России от 23 ноября 2023 г. № 3309-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов Российской Федерации на период до 2030 года» // Собр. законодательства РФ. – 2023. – №. 50. – Ст. 9093.

52. **Репин В.В.** Процессный подход к управлению. Модель бизнес-процессов / В.В. Репин, В.Г. Елиферов. – М.: «Манн, Иванов и Фербер», 2013. – 544 с.

53. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023614442 РФ. «Информационная система диагностики состава биологических образцов почвы на основе нейросетевой модели»: № 2023613269: заявл. 21.02.2023; опублик. 01.03.2023 / В. И. Трухачев, С. Л. Белопухов, Е. В. Худякова [и др.]; заявитель ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева».

54. Сервис для сбора данных, мониторинга, анализа» и управления IoT-устройствами «ALAN IoT Application» [Электронный ресурс]. – URL: <https://cdo2day.ru/cases/545> (дата обращения: 01.10.2024).

55. **Кузнецов И.М.** Совершенствование программно-целевых методов и средств развития при переходе к цифровой экономике в сельском хозяйстве / И.М. Кузнецов, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2020. – № 3. – С. 91-100.

56. **Салчак Я.Я.** Инструментальное обеспечение интеллектуального анализа данных / Я.Я. Салчак, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 3. – С. 103-113.

57. **Салчак Я.Я.** Разработка системы интеллектуального анализа данных на предприятии / Я.Я. Салчак, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 4. – С. 110-123.

58. Создание цифровых профилей сельскохозяйственных товаропроизводителей / О.А. Моторин, Н.П. Мишуков, В.И. Меденников [и др.]. – М: ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – 76 с.

59. **Степанцевич М.Н.** Цифровая трансформация деятельности участников агропродовольственного рынка на основе смарт-контракта / М.Н. Степанцевич, М.И. Горбачев, М.А. Качалин // Междунар. науч. журн. – 2021. – № 3. – С. 50-60.

60. **Стукалин А.В.** Разработка Единой цифровой платформы сельского хозяйства // Управление рисками в АПК. – 2024. – № 2. – С. 128-142.

61. **Стукалин А.В.** Целесообразность и существующий опыт использования нечетких множеств и алгоритмов их анализа в агропромышленном комплексе // Управление рисками в АПК. – 2023. – № 3. – С. 78-88.

62. Теоретические основы и методология оценки эффективности использования информационного ресурса в аграрной экономике / В.И. Меденников, С.Г. Сальников, А.А. Личман [и др.]. – М.: ООО «Аналитик», 2015. – 165 с.

63. Указ Президента России от 1 декабря 2016 г. № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» // Собр. законодательства РФ. – 2016. – № 49. – Ст. 6887.

64. Указ Президента Российской Федерации от 1 мая 2022 г. № 250 «О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации» // Собр. законодательства РФ. – 2022. – №. 18. – Ст. 3058.

65. Указ Президента России от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» // Собр. законодательства РФ. – 2019. – №. 41. – Ст. 5700.

66. Указ Президента России от 21 июля 2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» // Собр. законодательства РФ. – 2020. – № 30. – Ст. 4884.

67. Указ Президента России от 21 января 2020 г. № 20 «Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации» // Собр. законодательства РФ. – 2020. – № 4. – Ст. 345.

68. Указ Президента России от 31 марта 2023 г. № 231 «О создании, развитии и эксплуатации государственных информационных систем с использованием единой цифровой платформы Российской Федерации «ГосТех» // Собр. законодательства РФ. – 2023. – №. 14. – Ст. 2407.

69. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» // Собр. законодательства РФ. – 2018. – №. 20. – Ст. 2817.

70. Управление рисками в сельском хозяйстве в условиях цифровой трансформации / О.А. Моторин, М.И. Горбачев, Г.А. Суворов [и др.]. – М: КноРус, 2019. – 226 с.

71. **Худякова Е.В.** К вопросу о методике оценки экономической эффективности внедрения цифровых инноваций в сельское хозяйство / Е.В. Худякова, М.С. Никаноров, М.Н. Степаневич // Экономика сел. хоз-ва России. – 2023. – № 2. – С. 37-44.

72. **Худякова Е.В.** Факторы эффективности глобализации цифровой платформы агробизнеса / Е.В. Худякова, М.И. Горбачев, М.Н. Кушнарера // Управление бизнесом в цифровой экономике: сб. тезисов выступлений (СПб., 21-22 марта 2019 г.). – СПб: СПб. гос. ун-т промыш. технологий и дизайна, 2019. – С. 22-25.

73. **Худякова Е.В.** Эффективность внедрения цифровых технологий в соответствии с концепцией «Сельское хозяйство 4.0» / Е.В. Худякова, М.Н. Кушнарера, М.И. Горбачев // Междунар. науч. журн. – 2020. – №1. – С. 80-88.

74. Цели цифрового профилирования предприятий АПК / В.Н. Кузьмин, Н.П. Мишуков, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2022. – № 2. – С. 30-40.

75. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса / Т.И. Ашмарина, Т.В. Бирюкова, В.Т. Водяников [и др.]. – М.: ООО «Мегаполис», 2022. – 160 с.

76. Цифровая трансформация научно-технического развития сельского хозяйства и его нормативное обеспечение / В.Н. Кузьмин, Н.П. Мишуков, О.А. Моторин [и др.] // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 3. – С. 50-64.

77. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Агр. Междунар. науч. конф. по проблемам развития

экономики и общества (Москва, 13-30 апреля 2021 г.) / Г.И. Абдрахманова, К.Б. Быховский, Н.Н. Веселитская [и др.]. – М.: Изд. дом ВШЭ, 2021. – 239 с.

78. Цифровая трансформация сельского хозяйства России / А.Г. Архипов, М.И. Горбачев, С.Н. Косогор [и др.]. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. – 80 с.

79. Цифровое профилирование животноводческого предприятия / В.Н. Кузьмин, Н.П. Мишуков, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2023. – № 1. – С. 35-44.

80. Цифровое профилирование растениеводческого предприятия / В.Н. Кузьмин, Н.П. Мишуков, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2023. – № 2. – С. 9-19.

81. **Эдер А.В.** Информационная защита объектов АПК / А.В. Эдер, Е.Л. Дружинин // Мясная индустрия. – 2022. – № 4. – С. 25.

82. **Эдер А.В.** Информационные технологии в АПК: импортозамещение, экономические вызовы и технологические альтернативы // Вестн. Воронеж. гос. ун-та инж. технологий. – 2022. – Т. 84. – № 2. – С. 387-393.

83. **Эдер А.В.** Информационные технологии как драйвер цифрового развития экономики АПК РФ / А.В. Эдер, О.В. Иванов // Пищевая пром-сть. – 2020. – № 3. – С. 51-53.

84. **Эдер А.В.** Система цифровых профилей для оборудования и техники в АПК от компании «КРОК» / А.В. Эдер, М.А. Моисеев // Мясная индустрия. – 2021. – № 6. – С. 11.

85. **Эдер А.В.** Тенденции эволюции технических средств производства аграрного сектора экономики // Вестн. аграр. науки. – 2022. – № 3. – С. 161-166.

86. **Эдер А.В.** Теоретические аспекты модернизации АПК в условиях перехода к цифровой экономике / А.В. Эдер, В.Т. Водяников // Матер. Междунар. науч. конф. молодых учёных и специалистов, посвящ. 135-летию со дня рождения А.Н. Костякова: сб. статей (Москва, 6-8 июня 2022 г.). – Т 1. – М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 588-593.

87. **Эльмурзаев Н.М.** Разработка элементов архитектуры информационных систем на предприятии / Н.М. Эльмурзаев, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 4. – С. 99-109.

88. **Эльмурзаев Н.М.** Управление рисками на предприятии: понятие, структура, ответственность / Н.М. Эльмурзаев, О.А. Моторин // Управление рисками в АПК. – 2021. – № 2. – С. 85-93.

89. Digital Economy and Society Index (DESI) 2022 Methodological Note. [Электронный ресурс]. – URL: <https://ec.europa.eu/newsroom/dae/redirection/document/88557>.

90. Ganieva, I. Digital traceability platforms in the field of creation and promotion of agricultural products as a factor in the competitiveness of agribusinesses / I. Ganieva, O. Motorin, M. Gorbachev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Moscow, october 24-25 2018. – Vol. 274. – Moscow: Institute of Physics Publishing, 2019. – P. 012109.

91. **Grieves Michael.** (2016). Origins of the Digital Twin Concept. – 10.13140/RG.2.2.26367.61609.

92. **Guthman J., Butler M.** Fixing food with a limited menu: on (digital) solutionism in the agri-food tech sector // Agric Hum Values (2023). [Электронный ресурс]. – URL: <https://doi.org/10.1007/s10460-023-10416-8> (дата обращения: 01.10.2024).

93. How digitalised are the EU's enterprises? [Электронный ресурс]. – URL: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220826-1> (дата обращения: 05.04.2024).

94. Продукт «Агродрон» [Электронный ресурс]. – URL: <https://pt.2035.university/project/agrodron> (дата обращения: 22.09.2024).

95. J'son & Partners Consulting. Analysis of the market of cloud IoT platforms and applications for digital agriculture in the world and prospects in Russia [Электронный ресурс]. – URL: https://json.tv/en/ict_telecom_analytics_view/analysis-of-the-market-of-cloud-iot-platforms-and-applications-for-digital-agriculture-in-the-world-and-prospects-in-russia (дата обращения: 01.10.2024).

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО ПРОФИЛИРОВАНИЯ СЕЛЬХОЗОРГАНИЗАЦИИ	8
1.1. Проблемы цифровой трансформации	8
1.2. Участники и объекты процесса цифрового профилирования.....	10
1.3. Критерии эффективности цифровизации сельхозорганизаций	13
1.4. Оценка цифровой зрелости в растениеводстве	15
1.5. Методы анализа данных при цифровом профилировании.....	25
1.6. Классификация целевых моделей цифровизации сельхозтоваропроизводителей в растениеводстве.....	32
1.7. IT-решения для оценки цифровой зрелости растениеводческого бизнеса.....	36
2. РАЗРАБОТКА ПРОЕКТА ПО СОЗДАНИЮ ЦЕЛЕВОЙ МОДЕЛИ ЦИФРОВИЗАЦИИ СЕЛЬХОЗТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ	44
2.1. Разработка целевых моделей цифровизации сельскохозяй- ственной организации растениеводческого направления	44
2.2. Экономическая сущность цифровой трансформации.....	44
2.3. Цифровая инфраструктура растениеводческого предприятия.....	48
2.4. Ключевые элементы (этапы) реализации целевой модели.....	68
3. РЕАЛИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ И IT-РЕШЕНИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА ОЦЕНКУ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ БИЗНЕСА В СФЕРЕ РАСТЕНИЕВОДСТВА	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
ЛИТЕРАТУРА	104

Олег Алексеевич Моторин
(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени Тимирязева);
Валерий Николаевич Кузьмин
(ФГБНУ «Росинформагротех»);
Александр Владимирович Эдер
(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени Тимирязева);
Антонина Павловна Королькова
(ФГБНУ «Росинформагротех»);
Алексей Вадимович Стукалин
(АО «Агропронцифра»);
Анатолий Васильевич Гаврилов
(ФГБНУ «Росинформагротех»);
Артем Андреевич Альшан
(ФГБОУ ВО РГАУ – МСХА имени Тимирязева)

ЦИФРОВОЕ ПРОФИЛИРОВАНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аналитический обзор

Редактор *М.Н. Жукова*
Обложка художника *Т.Н. Лапиной*
Компьютерная верстка *Т.П. Речкиной*
Корректоры: *С.И. Ермакова, В.А. Белова*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 20.12.2024 Формат 60×84/16

Гарнитура шрифта «Times New Roman»

Печ. л. 7,25 Изд. заказ 180

ISBN 978-5-7367-1824-5



9 785736 718245 >

