



<http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2025-31-4-26-32>

УДК 338.43: 631.15

ФОРМИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПОРТФЕЛЯ АНТИРИСКОВЫХ МЕР В ПРОЦЕССЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ АГРАРНОГО БИЗНЕСА

А. А. ЕФРЕМОВ, Е. А. АРТЕМЕНКО

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
(Минск, Республика Беларусь)*

Аннотация. Внедрение цифровых технологий в агропромышленный комплекс способствует повышению эффективности, управляемости и прозрачности производственных процессов на сельхозпредприятиях. Однако, кроме положительных возможностей, цифровизация приносит немало рисков, с которыми предприятия ранее не сталкивались. В статье представлены разработка и апробация механизма формирования оптимального портфеля антирисковых мероприятий в процессе цифровой трансформации агропромышленного комплекса, основанного на методах линейного программирования. Такой подход позволяет моделировать различные сценарии развития ситуации, учитывать множество факторов, включая экономические, технологические и управленческие, и вырабатывать наиболее эффективные стратегии реагирования на риски в условиях ограниченного бюджета.

Ключевые слова: цифровая трансформация, оптимизация, величина риска, оценка ущерба, антирисковые мероприятия, плановые инвестиции, сельское хозяйство.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования. Ефремов, А. А. Формирование оптимального портфеля антирисковых мер в процессе цифровой трансформации аграрного бизнеса / А. А. Ефремов, Е. А. Артеменко // Цифровая трансформация. 2025. Т. 31, № 4. С. 26–32. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2025-31-4-26-32>.

FORMING AN OPTIMAL PORTFOLIO OF ANTI-RISK MEASURES IN THE PROCESS OF DIGITAL TRANSFORMATION OF AGRICULTURAL BUSINESS

ANDREI A. EFREMOV, EVGENIY A. ARTEMENKO

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics (Minsk, Republic of Belarus)

Abstract. The introduction of digital technologies in the agro-industrial complex contributes to increased efficiency, manageability, and transparency of production processes at agricultural enterprises. However, in addition to positive opportunities, digitalization brings with it numerous risks that enterprises have not previously encountered. This article presents the development and testing of a mechanism for creating an optimal portfolio of risk-mitigation measures during the digital transformation of the agro-industrial complex, based on linear programming methods. This approach enables modeling various development scenarios, taking into account multiple factors, including economic, technological, and managerial ones, and developing the most effective risk response strategies within a limited budget.

Keywords: digital transformation, optimization, risk assessment, damage assessment, anti-risk measures, planned investments, agriculture.

Conflict of interests. The authors declare that there is no conflict of interests.

For citation. Efremov A. A., Artemenko E. A. (2025) Forming an Optimal Portfolio of Anti-Risk Measures in the Process of Digital Transformation of Agricultural Business. *Digital Transformation*. 31 (4), 26–32. <http://dx.doi.org/10.35596/1729-7648-2025-31-4-26-32> (in Russian).

Введение

Цифровая трансформация агропромышленного комплекса (АПК) – один из важнейших вызовов и одновременно драйверов развития сельского хозяйства в современных условиях. Революционная модернизация предприятий агропромышленного комплекса сдерживается конкретными барьерами, такими как повышенный уровень износа технологической базы и низкая инвестиционная активность [1]. Внедрение цифровых технологий позволяет сельхозпредприятиям существенно повысить управляемость производственными процессами, их эффективность. Однако вместе с новыми возможностями цифровизация приносит целый спектр новых рисков. И это не только технологические сложности, но и о риски, связанные с информационной безопасностью, зависимостью от зарубежного программного обеспечения (ПО) и оборудования, ограниченной инфраструктурой в сельских районах, а также с человеческим фактором – нехватка квалифицированных специалистов, неготовность персонала к изменениям, слабая цифровая культура. Все это может существенно затруднить или даже сделать невозможной реализацию цифровых инициатив.

Особенно остро риски проявляются в деятельности предприятий малого и среднего агробизнеса, которые не всегда располагают достаточными финансовыми и кадровыми ресурсами для преодоления возникающих вызовов. Внедрение цифровых технологий требует разработки и реализации антирисковых мероприятий, направленных на минимизацию возможных негативных последствий и обеспечение устойчивости аграрного производства [2]. В связи с этим на первый план выходит задача управления рисками цифровой трансформации – как на стратегическом уровне, так и на уровне конкретных хозяйствующих субъектов. Оценка эффективности внедрения цифровых решений в АПК позволяет определить их влияние на производственные процессы и обоснованность инвестиций [3].

Цель исследования – разработка и апробация механизма формирования оптимального портфеля антирисковых мероприятий в процессе цифровой трансформации АПК, основанного на методах линейного программирования.

Современные подходы к оценке рисков

На современном этапе развития АПК Республики Беларусь отечественные сельскохозяйственные и перерабатывающие предприятия сталкиваются с целым рядом рисков, возникающих в процессе цифровой трансформации производства и управления. Тип и величина рисков цифровизации зависят от множества факторов, включая бизнес-модель организации, ее корпоративную культуру и сложность внедряемых информационных технологий [4].

Рассмотрим классификацию рисков цифровой трансформации и интеллектуализации АПК Республики Беларусь, составленную в процессе исследований.

1. Риски, связанные с обеспечением информационной безопасности. Существуют вероятность несанкционированного доступа к данным, возможность утечки данных, угрозы кибератак на ИТ-инфраструктуру и нарушения конфиденциальности коммерческой и персональной информации.

2. Риски, связанные с обеспечением информационной независимости. Особенно актуальны в условиях санкционного давления на экономику Союзного государства. Выражаются в возможности приостановления выдачи лицензионных ключей для ПО иностранного производства либо перекрытия доступа к рынкам запасных частей и деталей оборудования, используемого предприятиями АПК для обеспечения работы внедряемых цифровых систем.

3. Организационные риски – неправильно выстроенная система бизнес-процессов. Работа с цифровыми инструментами, наличие слабых и неэффективных механизмов управления изменениями.

4. Риски, связанные с совместимостью различного ПО, используемого в рамках цифровой среды сельскохозяйственной организации.

5. Программные риски – возможность возникновения сбоев в работе ПО.

6. Аппаратные риски, связанные с наличием вероятности отказа оборудования, в том числе в связи со слабым развитием телекоммуникационной инфраструктуры в сельской местности (в частности, имеются в виду датчики, персональные компьютеры, серверы).

7. Технологические риски – моральное устаревание лежащих в основе цифровых решений информационно-коммуникационных технологий, отсутствие достаточных компьютерных мощ-

ностей для обеспечения процессов обработки, передачи и надежного хранения больших массивов данных.

8. Инфраструктурные риски – недостаточная развитость в сельской местности технологической базы для обеспечения корректной и полнофункциональной работы цифровых решений.

9. Инвестиционные риски, связанные с объемами денежных средств, необходимых для финансирования мероприятий по внедрению цифровых инструментов. Высокий уровень начальных вложений в итоге может вызвать дефицит финансов, выделенных на цифровизацию.

10. Кадровые риски – нехватка квалифицированного персонала, способного грамотно использовать в работе цифровые решения. Подготовка квалифицированных кадров является необходимым условием успешной цифровой трансформации АПК, обеспечивая эффективное использование новых технологий [5].

11. Юридические риски – соблюдение правового режима работы с цифровыми технологиями, а также грамотное составление договоров с поставщиками ИТ-продуктов и услуг.

12. Риски, связанные с аутсорсингом. Возникают в том случае, если разработка цифрового решения ведется силами сторонней организации или если частичный контроль передается сторонним ИТ-подрядчикам.

Некоторые исследователи (например, [6]) указывают на наличие рисков потери традиций национального сельского хозяйства вследствие интенсификации цифровизации. Однако это не всегда соответствует действительности – при грамотном обращении цифровые технологии способны выступить в роли фактора популяризации и сохранения культурного наследия сельских территорий, способствовать реализации и стимулированию развития агротуризма.

Степень риска, по мнению специалистов, формируется под влиянием двух групп факторов: внутренних (стратегия, уровень оснащения, система управления и др.) и внешних (научно-технические, политические, экономические, экологические, демографические) [7]. На основании анализа литературных источников можно выделить следующие основные этапы работы с рисками в процессе цифровизации АПК:

- идентификация (формирование, обновление и уточнение перечня рисков – чаще всего путем привлечения компетентных экспертов);
- анализ и прогнозирование (на основе экономико-математических моделей, методов форсайта [8] и инструментов предиктивной аналитики [9]);
- управление (разработка корпоративной политики реагирования на рисковые ситуации и стратегии их преодоления);
- мониторинг (контроль за протеканием ключевых бизнес-процессов, подверженных рискам).

Важную роль в преодолении рисков в процессе цифровой трансформации АПК играют существующие механизмы и инструменты государственной поддержки сельхозпроизводителей, что особенно актуально для предприятий малого и среднего аграрного бизнеса [10]. Также большое внимание следует уделять корпоративной культуре обращения с данными и обеспечению высокого уровня информационной прозрачности [11].

Примечательна работа профессора Л. Ф. Догиля, которая посвящена исследованию восприятия риска в аграрном бизнесе [12]. Так, автор выделяет ключевые элементы, влияющие на восприятие рисковых ситуаций: понимание риска, убытки и выгоды, психологические предубеждения, индивидуальность и предпочтение относительно результатов. В [12] предложена методика, основанная на учете вероятностей и весов, на расчете балльной оценки рисков. Применение математических моделей в управлении рисками цифровой трансформации аграрного сектора позволяет обоснованно оценивать потенциальные угрозы и разрабатывать эффективные стратегии их минимизации.

Методика оптимизации портфеля антирисковых мер

В рамках исследования авторами разработана методика управления рисками в процессе цифровой трансформации предприятий АПК, основанная на математическом аппарате линейного программирования. В общем виде величина риска может быть определена по формуле

$$R_i = u_i p_i, \quad (1)$$

где u_i – потенциальный годовой ущерб, руб.; p_i – вероятность реализации (претворения в жизнь) риска.

По результатам экспертных оценок, для каждого j -го мероприятия, направленного на устранение либо снижение ущерба риска, можно определить ориентировочное значение следующих величин:

Δp_{ij} – ожидаемое снижение вероятности реализации i -го риска за счет выполнения j -го мероприятия;

k_{ij} – коэффициент, отражающий величину снижения ущерба от реализации i -го риска за счет выполнения j -го мероприятия;

T_j – горизонт действия эффекта от выполняемого мероприятия (в годах).

Тогда можно задать целевую функцию (критерий оптимальности) в следующем виде:

$$F = \sum_{i=1}^l u_i \left(\prod_{j=1}^J (1 - k_{ij} x_j) \right) \left(p_i - \sum_{j=1}^J \Delta p_{ij} x_j \right) + \sum_{j=1}^J \frac{x_j b_j}{T_j} \rightarrow \min, \quad (2)$$

где x_j – бинарная переменная, соответствующая включению/невключению j -го мероприятия в портфель антирисковых мер, $x_j = 1$, если мероприятие входит в состав портфеля, $x_j = 0$ – в противном случае.

Также в модель необходимо ввести ограничение на бюджет, выделяемый предприятием АПК на снижение рисков, связанных с цифровой трансформацией:

$$\sum_{j=1}^J x_j b_j \leq B, \quad (3)$$

где b_j – инвестиционные затраты на финансирование выполнения j -го мероприятия; B – бюджет, выделенный организацией на борьбу с рисками в процессе цифровой трансформации.

Величина экономического эффекта от реализации комплекса антирисковых мероприятий может быть рассчитана по формуле

$$\mathcal{E} = \sum_{i=1}^l u_i p_i - \sum_{i=1}^l u_i \left(\prod_{j=1}^J (1 - k_{ij} x_j) \right) \left(p_i - \sum_{j=1}^J \Delta p_{ij} x_j \right). \quad (4)$$

Демонстрация работы методики

Для демонстрации алгоритма работы методики рассмотрим условный пример. Пусть существует список различных рисков, связанных с цифровизацией конкретного предприятия АПК, а именно:

- несовместимость нового ПО (в результате – простои в работе, дублирование функций, дополнительные затраты на адаптацию);
- превышение бюджета цифрового проекта (как следствие – замораживание проекта или сокращение функционала цифровой системы);
- отказ оборудования (ведет к потере данных, сбоям в учете, невозможности оперативного управления);
- кибератака или утечка данных (значительные финансовые потери, компрометация конфиденциальной информации, нарушение бизнес-процессов);
- кадровый дефицит (невозможно внедрять или эксплуатировать ИТ-решения).

Каждому риску были присвоены предполагаемая величина ущерба и вероятность реализации на текущем этапе. В табл. 1 представлены показатели по идентифицированным рискам цифровой трансформации, подлежащим мониторингу.

Таблица 1. Исходные данные по рискам
Table 1. Initial data on risks

Риск	Возможный ущерб, тыс. руб.	Вероятность реализации, доли ед.
Несовместимость нового ПО	800	0,21
Превышение бюджета цифрового проекта	1100	0,18
Отказ оборудования	1900	0,03
Кибератака или утечка данных	2400	0,08
Кадровый дефицит	300	0,19

Дадим определение набору мероприятий, которые могут снизить различные риски:

- M1 – пилотные зоны внедрения;
- M2 – контракт на техобслуживание оборудования;
- M3 – финансово-экономическая оценка (юридическая экспертиза);
- M4 – внедрение политики информационной безопасности;
- M5 – аудит совместимости ПО;
- M6 – переход на отечественное/открытое ПО;
- M7 – создание цифрового центра компетенций.

В табл. 2 приведены величины снижения вероятностей реализации рисковых ситуаций; в табл. 3 – прогнозируемые коэффициенты снижения ущерба от предлагаемых к внедрению мероприятий.

Таблица 2. Матрица снижения вероятностей реализации рисковых ситуаций
Table 2. Matrix of reducing the probability of occurrence of risk situations

Рисковая ситуация	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Риск 1	0,020	0	0	0	0,04	0,03	0
Риск 2	0,015	0	0,025	0	0	0,02	0
Риск 3	0	0,03	0	0,02	0	0	0
Риск 4	0	0	0	0,03	0	0	0
Риск 5	0	0	0	0	0	0	0,05

Таблица 3. Матрица снижения ущерба от предлагаемых к внедрению мероприятий
Table 3. Damage reduction matrix for proposed measures

Рисковая ситуация	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Риск 1	0,04	0	0	0	0,06	0,05	0
Риск 2	0,02	0	0,04	0	0	0,03	0
Риск 3	0	0,08	0	0,04	0	0	0
Риск 4	0	0	0	0,05	0	0	0
Риск 5	0	0	0	0	0	0	0,09

Для каждого мероприятия экспертным путем оценивались необходимые инвестиции, длительность эффекта от внедрения, выполнение. В табл. 4 представлены параметры каждого мероприятия.

Таблица 4. Антирисковые меры
Table 4. Anti-risk measures

Мероприятие, год	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7
Инвестиции	28	57	22	48	39	30	75
Срок действия	1	2	1	2	3	1	2
Выполнение	0	1	1	1	1	1	0

Показатель «Выполнение» определяется по итогам решения оптимизационной задачи в соответствии с описанной выше экономико-математической моделью.

По результатам численного эксперимента можно сформулировать следующие рекомендации по управлению рисками в процессе цифровой трансформации для анализируемого предприятия АПК:

- оптимальной стратегией управления рисками для данного предприятия должно быть предусмотрено выполнение мероприятий M2, M3, M4, M5, M6;
- от выполнения мероприятий M1 и M7 на данном этапе следует отказаться;
- из выделенных 200 тыс. руб. будет освоено 196 тыс. руб. При этом ожидаемая величина минимизированного ущерба составит 375,7 тыс. руб., а приведенная годовая величина инвестиций в антирисковые мероприятия – 117,5 тыс. руб.;
- эффект от реализации стратегии преодоления рисков цифровой трансформации составит 296,2 тыс. руб.

Результаты исследований и их обсуждение

Представленная модель показывает, что даже при ограниченном бюджете можно значительно повысить устойчивость предприятия к рискам в процессе цифровизации, если грамотно выбрать антирисковые меры. Современные реалии АПК требуют не просто цифровой трансформации, а осознанного, управляемого и устойчивого перехода к цифровой экономике, где на первом плане – безопасность, эффективность и адаптивность. Вместе с новыми технологиями в АПК приходят новые риски, игнорирование которых может нивелировать ожидаемые выгоды от цифровизации.

Рассмотренная математическая модель управления рисками позволяет перевести управление цифровыми угрозами из области субъективных суждений в плоскость обоснованных, экономически рациональных решений. Она опирается на методы линейного программирования и дает возможность сформировать оптимальный портфель антирисковых мероприятий, учитывая множество факторов: вероятности и размеры ущерба, эффективность мер, сроки их действия и бюджетные ограничения. С помощью модели можно объективно оценить вклад каждого мероприятия в снижение риска, выбрать наилучшее сочетание мер при ограниченном финансировании, увязать технические, экономические и организационные параметры в единую систему принятия решений.

Заключение

1. Использование представленной модели в практике аграрных предприятий открывает новые горизонты в сфере цифрового расчета рисков. В перспективе модель может быть расширена и дополнена весовыми коэффициентами по важности рисков, сценарным анализом внешней среды, а также автоматизированной интеграцией с системами мониторинга и предиктивной аналитики.

2. Предложенная методика – не только инструмент расчета, но и основа для выстраивания устойчивой цифровой экосистемы в аграрной сфере, где каждый шаг по трансформации – это не риск, а продуманное и управляемое развитие.

Список литературы

1. Анисимов, С. В. Барьеры цифровой трансформации в аграрной сфере / С. В. Анисимов // Экономика и управление в XXI веке: тенденции развития. 2023. № 1. С. 55–61.
2. Петрова, Н. С. Антирисковый подход к цифровой трансформации сельского хозяйства / Н. С. Петрова // Экономика и управление в XXI веке: тенденции развития. 2023. № 1. С. 62–67.
3. Стельмашонок, Е. В. Цифровая трансформация агропромышленного комплекса: анализ перспектив / Е. В. Стельмашонок, В. Л. Стельмашонок // Сибирский журнал естественных наук и сельского хозяйства. 2021. Т.13, № 2 С. 336–365.
4. Мерзлов, И. Ю. Цифровизация бизнеса организаций: риск-менеджмент и технологические тренды / И. Ю. Мерзлов // Фундаментальные исследования. 2022. № 2. С. 36–40.
5. Созаева, Т. Х. Кадровое обеспечение цифровой аграрной экономики: проблемы и перспективы / Т. Х. Созаева, З. М. Хочуева, З. М. Иванова // Индустриальная экономика. 2021. Т. 8, № 5 С. 755–762.
6. Провоторова, Л. И. Цифровизация сельского хозяйства: перспективы и риски / Л. И. Провоторова // Cifra. Экономика. 2023. № 2.
7. Предпринимательские риски в аграрном бизнесе и их функции / В. И. Гайдук [и др.] // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 5–1. С. 35–39.
8. Драганюк, А. О. Эволюция Форсайта: от прогнозирования и планирования к Форсайту / А. О. Драганюк // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2023. № 6–1. С. 36–41.
9. Кузовкова, Т. А. Значение методов предиктивной аналитики в экономике и управлении цифровыми компаниями / Т. А. Кузовкова, О. И. Шарапова // Методические вопросы преподавания инфокоммуникаций в высшей школе. 2021. Т. 10, № 3. С. 28–32.
10. Велибекова, Л. А. Цифровизация сельского хозяйства как фактор продовольственной безопасности: риски, проблемы и возможности / Л. А. Велибекова, Т. Г. Ханбабаев // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. 2022. № 7. С. 87–92.
11. Яхнеева, И. В. Управление рисками в условиях цифровизации цепей поставок / И. В. Яхнеева // Проблемы развития предприятий: теория и практика. 2022. № 1–2. С. 210–213.
12. Догиль, Л. Ф. Восприятие и идентификация рисков в аграрном бизнесе / Л. Ф. Догиль // Экономика, моделирование, прогнозирование. 2018. № 12. С. 84–91.

References

1. Anisimov S. V. (2023) Barriers to Digital Transformation in the Agricultural Sector. *Economics and Management in the 21st Century: Development Trends*. (1), 55–61 (in Russian).
2. Petrova N. S. (2023) Risk-Based Approach to Digital Transformation in Agriculture. *Economics and Management in the 21st Century: Development Trends*. (1), 62–67 (in Russian).
3. Stel'mashonok E. V., Stel'mashonok V. L. (2021) Digital Transformation of the Agro-Industrial Complex: An Analysis of Prospects. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 13 (2), 336–365 (in Russian).
4. Merzlov I. Yu. (2022) Digitalization of Business Organizations: Risk Management and Technological Trends. *Fundamental Research*. (2), 36–40 (in Russian).
5. Sozaeva T. Kh., Khochueva Z. M., Ivanova Z. M. (2021) Digital Agroeconomy Staffing: Challenges and Prospects. *Industrial Economy*. 8 (5), 755–762 (in Russian).
6. Provotorova L. I. (2023) Digitalization of Agriculture: Perspectives and Risks. *Cifra. Economics*. (2).
7. Gayduk V. I., Ermakov A. A., Kalitko S. A., Gladkiy S. V. (2019). Entrepreneurial Risks in Agribusiness and Their Functions. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*. (5–1), 35–39 (in Russian).
8. Draganuk A. O. (2023) The Evolution of Foresight: From Forecasting and Planning to Foresight. *Bulletin of the Altai Academy of Economics and Law*. (6–1), 36–41 (in Russian).
9. Kuzovkova T. A., Sharavova O. I. (2021) The Importance of Predictive Analytics Methods in the Economy and Digital Company Management. *Methodological Issues of Teaching Infocommunications in Higher Education*. 10 (3), 28–32 (in Russian).
10. Velibekova L. A., Khanabayev T. G. (2022) Digitalization of Agriculture as a Factor of Food Security: Risks, Problems, and Opportunities. *Economics, Labor, Management in Agriculture*. (7), 87–92 (in Russian).
11. Yakhnayeva I. V. (2022) Risk Management in the Digitalization of Supply Chains. *Problems of Enterprise Development: Theory and Practice*. (1–2), 210–213 (in Russian).
12. Dogil L. F. (2018) Perception and Identification of Risks in Agribusiness. *Economics, Modeling, Forecasting*. (12), 84–91 (in Russian).

Received: 7 May 2025

Accepted: 17 September 2025

Available on the website: 12 January 2026

Вклад авторов

Ефремов А. А. – постановка задачи, классификация рисков, разработка математической модели и практических рекомендаций по принятию управленческих решений.

Артеменко Е. А. – апробация модели на реальных данных.

Authors' contribution

Efremov A. A. – problem statement, risk classification, development of a mathematical model and practical recommendations for making management decisions.

Artemenko E. A. – testing of the model on real data.

Сведения об авторах

Ефремов А. А., канд. экон. наук, доц., зав. каф. экономической информатики, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Артеменко Е. А., студ., Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Адрес для корреспонденции

220005, Республика Беларусь,
Минск, ул. Платонова, 39
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники
Тел.: +375 29 326-80-71
E-mail: efremov.kafei@gmail.com
Ефремов Андрей Александрович

Information about the authors

Efremov A. A., Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Head of the Department of Economic Informatics, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

Artemenko E. A., Student, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

Address for correspondence

220005, Republic of Belarus,
Minsk, Platonova St., 39
Belarusian State University
of Informatics and Radioelectronics
Tel.: +375 29 326-80-71
E-mail: efremov.kafei@gmail.com
Efremov Andrei Alexandrovich