
НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ
SCIENTIFIC REVIEW • ECONOMIC SCIENCES

№ 1 2026

*Журнал «Научное обозрение. Экономические науки»
зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-57503
выдано 27.03.2014 года.
ISSN 2500-3410*

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,857
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,479

*Учредитель, издатель и редакция:
ООО НИЦ «Академия Естествознания»*

*Почтовый адрес: 101000, г. Москва, а/я 47
Адрес учредителя, издателя: 410056, г. Саратов,
ул. им. Чапаева В.И., д. 56
Адрес редакции: 410035, г. Саратов,
ул. Мамонтовой, д. 5*

**Founder, publisher and edition:
LLC SPC Academy of Natural History**

Post address: 101000, Moscow, p.o. box 47
Founder's, publisher's address: 410056, Saratov,
56 Chapaev V.I. str.
Editorial address: 410035, Saratov,
5 Mamontovoi str.

*Подписано в печать 30.06.2026
Дата выхода номера 30.07.2026
Формат 60×90 1/8*

*Типография
ООО НИЦ «Академия Естествознания»,
410035, г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5*

Signed in print 30.06.2026
Release date 30.07.2026
Format 60×90 8.1

Typography
LLC SPC «Academy Of Natural History»
410035, Saratov, 5 Mamontovoi str.

*Технический редактор Доронкина Е.Н.
Корректор Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.*

*Распространяется по свободной цене
Тираж 100 экз. Заказ НО 2026/1
© ООО НИЦ «Академия Естествознания»*

Журнал «НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ» выходил с 1894 по 1903 год в издательстве П.П. Сойкина. Главным редактором журнала был Михаил Михайлович Филиппов. В журнале публиковались работы Ленина, Плеханова, Циолковского, Менделеева, Бехтерева, Лесгафта и др.

Journal «Scientific Review» published from 1894 to 1903. P.P. Soykin was the publisher. Mikhail Filippov was the Editor in Chief. The journal published works of Lenin, Plekhanov, Tsiolkovsky, Mendeleev, Bekhterev, Lesgaft etc.



М.М. Филиппов (M.M. Philippov)

С 2014 года издание журнала возобновлено
Академией Естествознания

**From 2014 edition of the journal resumed
by Academy of Natural History**

Главный редактор: М.Ю. Ледванов
Editor in Chief: M.Yu. Ledvanov

Редакционная коллегия (**Editorial Board**)

Н.Ю. Стукова (**N.Yu. Stukova**)

М.Н. Бизенкова (**M.N. Bizenkova**)

Н.Е. Старчикова (**N.E. Starchikova**)

Т.В. Шнуровозова (**T.V. Shnurovozova**)

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

SCIENTIFIC REVIEW • ECONOMIC SCIENCES

<https://science-economy.ru>

2026 г.



***В журнале представлены научные обзоры,
статьи проблемного
и научно-практического характера***

***The issue contains scientific reviews,
problem and practical scientific articles***

СОДЕРЖАНИЕ

Экономические науки

СТАТЬИ

ОПТИМИЗАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ С УЧЕТОМ ЗАТРАТ НА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ И КОМПЕНСАЦИЮ УГРОЗ <i>Медведев А.В.</i>	5
ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЕСТРОМ РАДИОЧАСТОТНЫХ ПРИСВОЕНИЙ <i>Аданбаев А. М., Сагымбаев А. А.</i>	11
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ДЛЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ: СИСТЕМНЫЙ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ ПОДХОДЫ <i>Лукьянова М. Н.</i>	24
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН <i>Нарзуллаев К. С.</i>	32

CONTENTS

Economic Sciences

ARTICLES

- OPTIMIZATION ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL
OF SAFETY FUNCTIONING OF ORGANIZATION TAKING
INTO ACCOUNT THE COSTS OF PREVENTION AND
COMPENSATION OF THREATS
Medvedev A.V. 5
- ASSESSING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF IMPLEMENTING
A WEB-BASED INFORMATION SYSTEM FOR MANAGING A
RADIO FREQUENCY ASSIGNMENT REGISTRY
Adanbaev A. M., Sagymbaev A. A. 11
- DEVELOPING A QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
FOR MUNICIPALITIES: A SYSTEMIC AND ORGANIZATIONAL
APPROACH
Lukiyanova M. N. 24
- PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF HYDROGEN
ENERGY IN THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN
Narzullaev K. S. 32

СТАТЬИ

УДК 33:51-7:004.94



CC BY 4.0

**ОПТИМИЗАЦИОННАЯ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ
С УЧЕТОМ ЗАТРАТ НА ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ
И КОМПЕНСАЦИЮ УГРОЗ**

Медведев А.В. ORCID ID 0000-0002-7654-056X

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Кемеровский государственный университет», Кемерово, Российская Федерация,
e-mail: alexm_62@mail.ru*

В работе строится двухкритериальная экономико-математическая модель безопасности функционирования сложной системы на примере информационной системы организации. Информационную защищенность указанной системы предлагается оценивать путем минимизации суммы двух типов рисков – связанных с угрозами безопасности до их реализации (априорные угрозы) и связанных с апостериорными угрозами, возникающими после реализации априорных. Тогда оптимальный уровень защищенности системы, в соответствии с принципом минимакса, определяется как минимум суммарных затрат на купирование априорных и апостериорных угроз. В связи с этим отмечается необходимость построения двухкритериальной математической модели, что обуславливается противоположной монотонной направленностью зависимостей уровня защищенности от указанных рисков. В качестве формы таких зависимостей выбираются линейные функции осуществляемых затрат. Обосновываются существование решения построенной модели и выбор метода ее решения путем перехода к эквивалентной однокритериальной задаче с линейной сверткой критериев и последующим Парето-анализом с использованием автоматизированного программно-аналитического комплекса. Отмечается возможность использования модели в качестве аналитической основы автоматизированной системы поддержки обоснованных решений не только в сфере информационной безопасности, но и в сфере комплексной безопасности сложных систем для анализа и сравнения уровней их защищенности от угроз социального, экономического, информационного, технологического и другого характера, включая комбинации указанных.

Ключевые слова: сложная система, угрозы безопасности, информационная защищенность, информационная система организации, линейная оптимизация, двухкритериальная задача, вычислительный эксперимент, поддержка принятия решений

**OPTIMIZATION ECONOMIC-MATHEMATICAL MODEL OF SAFETY
FUNCTIONING OF ORGANIZATION TAKING INTO ACCOUNT
THE COSTS OF PREVENTION AND COMPENSATION OF THREATS**

Medvedev A.V. ORCID ID 0000-0002-7654-056X

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Kemerovo State University”, Kemerovo, Russian Federation,
e-mail: alexm_62@mail.ru*

This paper develops an optimization economic-mathematical model for the operational security of a complex system using an organizational information system as an example. The information security of this system is proposed to be assessed by minimizing the sum of two types of risks: from security threats before their implementation (a priori threats) and from a posteriori threats arising after the implementation of a priori threats. The optimal level of system security, in accordance with the minimax principle, is determined as the minimum of the total costs of mitigating a priori and a posteriori threats. In this regard, the need to construct a two-criterion model is noted, due to the opposite monotonic direction of the dependencies between the level of security and the aforementioned risks. Linear functions of incurred costs are chosen as the form of such dependencies. The existence of a solution to the constructed model and the choice of a solution method by transitioning to an equivalent single-criterion problem with a linear convolution of criteria and subsequent Pareto analysis using an automated software and analytical suite are substantiated. The possibility of using the model as an analytical basis for an automated system to support informed decisions not only in the field of information security but also in the field of comprehensive security of complex systems for analyzing their security against technological, social, economic, information, and other threats, including combinations of these threats, is noted.

Keywords: complex system, security threats, information security, organizational information system, linear optimization, two-criterion problems, computational experiment, decision support

Введение

Функционирование сложных систем порождает необходимость решения проблем их безопасности различного генезиса – социального, экономического, технического,

информационного и др. Это объективно связано в первую очередь с возникновением сопутствующих рисков и влечет необходимость решения соответствующих задач – от математического моделирования

до разработки систем поддержки принятия решений при управлении рисками сложных систем. Вопросы безопасности сложных социальных, экономических, технических систем являются ключевыми при оценке эффективности их функционирования. Например, для организации, производящей продукцию (товары и/или услуги), вложения в безопасность (в частности, информационную), как нематериальный актив организации, являются фактором ее стратегической стабильности, уменьшая риски критических финансовых потерь в связи с нарушением безопасности функционирования, что, по сути, превращает указанные вложения в инвестиционные и делает актуальной тему данной статьи.

В настоящее время опубликовано значительное количество работ, касающихся вопросов моделирования защищенности (экономической, информационной, технологической и др.) различных систем функционирования организации, большинство из которых в первую очередь рассматривают аспект информационной безопасности (ИБ). В работе [1] описывается современное состояние проблемы обеспечения, контроля и информационной защищенности в эргосистемах, как сложных системах управления объектами технических, технологических, организационных, экономических комплексов, имеющих существенный признак обязательного наличия человеческого или социального фактора в них. В монографии [2, с. 45–74] обоснована целесообразность использования методов исследования операций в системах управления ИБ, предложены возможные области применения моделей и методов комплексного управления информационной защитой объектов информатизации. Экономический аспект учета рисков ИБ организации рассматривается в работе [3]. Статьи [4; 5] посвящены анализу основных подходов к определению оптимального объема инвестиций, необходимого для обеспечения информационной безопасности информационной системы в рамках математической модели Гордона – Лоеба, в которой рассмотрены затраты на предотвращение угроз ИБ. В работе [6] акцентирована необходимость рассмотрения потоков затрат на компенсацию ущерба, возникающего при реализации угроз ИБ. В современных научных трудах по математическому моделированию задач информационной безопасности информационных систем организаций рассматриваются различные аналитические методы. В работе [7] использованы методы теории графов, а в [8] – теоретико-информационный метод энтропийно-вероятностного анализа дере-

ва событий. В работах [9; 10] применены модели многокритериальной и дискретной оптимизации соответственно. В основу указанных методов чаще всего положен вероятностный принцип оценки рисков ИБ, в настоящее время подвергающийся обоснованной критике в литературе (например, [11]). Кроме того, среди описываемых моделей, алгоритмов и методов решения задачи оценки уровня информационной защищенности информационной системы организации (ИЗИСО) редко встречаются легко интерпретируемые, понятные практикам оптимизационные модели, для которых разработаны эффективные средства их автоматизированного анализа, наличие которых является необходимым условием разработки систем поддержки принятия решений в задачах управления ИЗИСО.

Цель исследования – построение двухкритериальной математической модели оценки уровня информационной защищенности информационной системы организации для определения оптимального распределения инвестиционного ресурса, включающего как потоки затрат, ориентированные на предотвращение угроз, так и потоки затрат на компенсацию возникающего ущерба от реализации угроз безопасности.

Материалы и методы исследования

Пусть изучаемая сложная система представляет собой информационную систему организации (ИСО). Очевидно, что информационная защищенность ИСО тем выше, чем ниже риски реализации различных угроз ее функционированию – нарушения работы электронных сред контроля систем управления, технологических цепочек, документооборота; отказов работоспособности аппаратного, программного обеспечения ИСО, связанных с внешним вмешательством или недостаточной квалификацией сотрудников, управленцев и др. При этом безопасность (в том числе информационная) сложной системы определяется не только мерами по предотвращению ее угроз, но и мерами по нейтрализации возможного ущерба в случае реализации этих угроз. Поэтому общий уровень ИЗИСО определяется минимумом суммы рисков предупреждения угроз безопасности и рисков компенсации ущерба, возникшего в связи с реализацией этих угроз, что соответствует использованию принципа минимакса, заключающегося в минимизации интегрального ущерба, который лицо, принимающее решения (ЛПР), не может предотвратить при развитии событий по наихудшим для него сценариям. Это требует рассмотрения как минимум двух критериев при решении задач ИЗИСО.

В связи со сказанным, в отличие от однокритериальной модели работы [12], где были рассмотрены риски ИСО от угроз до их реализации (априорные угрозы), здесь рассмотрим еще и риски, возникающие в связи с реализацией апостериорных угроз ИЗИСО. В отличие от использованной в однокритериальной модели обратно пропорциональной линейной зависимости риска $r_1 \sim a_1 - b_1 \cdot x$ от затрат (инвестиций) x , выделенных на предотвращение априорных угроз, для целей купирования апостериорных угроз используем зависимость, имеющую прямую пропорцию связи риска r_2 функционирования ИСО с затратами y на компенсацию ущерба: $r_2 \sim a_2 + b_2 \cdot y$. Иначе говоря, предполагается, что суммарный риск ИЗИСО на обеих стадиях функционирования ИСО понижается, если увеличивается сумма затрат на избежание угроз и компенсацию ущерба от реализации угроз (рисков), что соответствует росту ИЗИСО. Заметим, что коэффициент a_1 может трактоваться как максимальный объем затрат, который понадобится в случае реализации угроз при отсутствии инвестиций в купирование априорных угроз, а коэффициент a_2 – как минимальный объем затрат, который будет необходим для компенсации ущерба ИСО при отсутствии инвестиций в купирование апостериорных угроз. Минимальную сумму затрат x на защиту (избежание, устранение, уменьшение) от априорных угроз и затрат y на компенсацию (избежание, устранение, уменьшение) ущерба от апостериорных угроз будем считать оптимумом (максимальным уровнем) ИЗИСО. При этом оптимальные общие затраты должны соответствовать равенству $x = y$, которое становится очевидным при использовании нелинейных зависимостей уровня ИЗИСО от осуществляемых затрат x и y , в случае их противоположной монотонной направленности (например, [6, с. 52]). Следует отметить, что для универсальной организации, вообще говоря, трудно разделить бюджеты затрат на защиту от априорных угроз и на компенсацию ущерба от апостериорных угроз, вследствие чего целесообразно рассмотреть дополнительный управляющий параметр α , учитывающий соотношение оптимальных инвестиций x и y . Для производственной организации, производящей товары и/или услуги, гибкость управления ИЗИСО будет обусловлена соотношениями бюджетов общих затрат, затрат на защиту от априорных угроз, на компенсацию ущерба от апостериорных угроз, а также диапазонами выделяемых средств на купирование каждой угрозы в отдельности. Указанные со-

отношения могут иметь многочисленные варианты в зависимости от структуры менеджмента организации и его отношения к рискам безопасности.

Рассмотрим следующую математическую модель информационной защищенности информационной системы организации. Пусть N – количество априорных угроз ИБ, а L – количество видов ущерба ИС, соответствующих апостериорным угрозам ИБ;

x_k ($k = 1, \dots, N$) – инвестиции в предотвращение k -й угрозы ИБ, денежных единиц (д.е.);

x_{N+l} ($l = 1, \dots, L$) – затраты на устранение $(N+l)$ -го ущерба, д.е.;

$(b1)_k$ ($k = 1, \dots, N$) – весовые коэффициенты значимости k -й угрозы ИБ;

$(b2)_l$ ($l = 1, \dots, L$) – весовые коэффициенты значимости l -го ущерба ИБ;

Z – общий бюджет на обеспечение ИЗИСО, д.е.;

Z_1 – бюджет на предупредительные мероприятия по обеспечению ИЗИСО, д.е.;

Z_2 – бюджет на мероприятия по компенсации ущерба в связи с нарушениями ИЗИСО, д.е.;

α – коэффициент соотношения суммарных затрат на предупредительные мероприятия (априорные угрозы) и суммарных затрат на мероприятия по компенсации ущерба (апостериорные угрозы).

Тогда математическая модель ИЗИСО принимает следующий вид:

Критерии эффективности ИЗИСО

$$J_1 = \sum_{k=1}^N (b1)_k x_k \rightarrow \max, \quad \sum_{k=1}^N (b1)_k = 1; \tag{1}$$

$$J_2 = \sum_{l=1}^L (b2)_l x_{N+l} \rightarrow \max, \quad \sum_{l=1}^L (b2)_l = 1.$$

Ограничения финансирования ИЗИСО:

$$\sum_{m=1}^{N+L} x_m \leq Z, \quad \sum_{k=1}^N x_k \leq Z_1, \quad \sum_{l=1}^L x_{N+l} \leq Z_2,$$

$$\sum_{k=1}^N x_k \leq \alpha \sum_{l=1}^L x_{N+l}, \quad ZMIN_m \leq x_m \leq ZMAX_m,$$

$$x_m \geq 0, \quad m = 1, \dots, N+L. \tag{2}$$

Результаты исследования и их обсуждение

Модель (1)–(2) обобщает модель в [12] на случай рассмотрения двух типов затрат на обеспечение ИЗИСО – на предупредительные мероприятия до и на компенсацию ущерба после реализации угроз ИБ. Путем

замены переменных $y_m = x_m - ZMIN_m$ задачу (1)–(2) можно привести к эквивалентной задаче, содержащей нулевое решение, что, учитывая компактность допустимого множества, позволяет доказать существование решения для любого набора параметров задачи. Кроме того, учитывая линейность модели, ее можно свести к эквивалентной ей, однокритериальной задаче с выпуклой линейной сверткой критериев:

$$J = \mu J_1 + (1-\mu)J_2, \mu \in (0;1),$$

где μ – экспертно задаваемый весовой коэффициент значимости критериев. Нетривиальные решения (1)–(2) получаются с помощью оптимизационного пакета, описанного в [13, с. 96–111]. Принятие решений по распределению инвестиций и оценке уровня ИЗИСО может основываться как на изучении зависимостей от параметра μ , так и на анализе получаемого Парето-множества модели, автоматизированные средства которого также содержатся в указанном оптимизационном пакете. Отметим, что представленную математическую модель ИЗИСО, вообще говоря,

можно использовать как основу для поддержки обоснованных решений не только в сфере информационной безопасности, но и для решения задач комплексной безопасности сложных систем, по аналогии с тем, как это сделано в работах [14; 15] относительно системы поддержки принятия решений при оценке информационно-экономической безопасности организации. Для проверки работоспособности модели (1)–(2) проведем модельный вычислительный эксперимент.

Пусть имеются следующие значения входных параметров модели (1)–(2):

$$\begin{aligned} N = L = 2; Z = 1300 \text{ д.е.}, Z_1 = 800 \text{ д.е.}, \\ Z_2 = 900 \text{ д.е.}; (b1)_1 = 0,55, (b1)_2 = 0,45; \\ (b2)_1 = 0,4, (b2)_2 = 0,6; ZMAX_1 = 700 \text{ д.е.}, \\ ZMAX_1 = 1500 \text{ д.е.}, ZMAX_3 = 300 \text{ д.е.}, \\ ZMAX_4 = 400 \text{ д.е.}, ZMIN_{1-4} = 0 \text{ д.е.} \end{aligned}$$

Произведем расчеты при заданных входных значениях и построим графики зависимостей $J(\mu)$, придавая параметру α значения 0; 0,5; 1; 1,5; 2 (рис. 1).

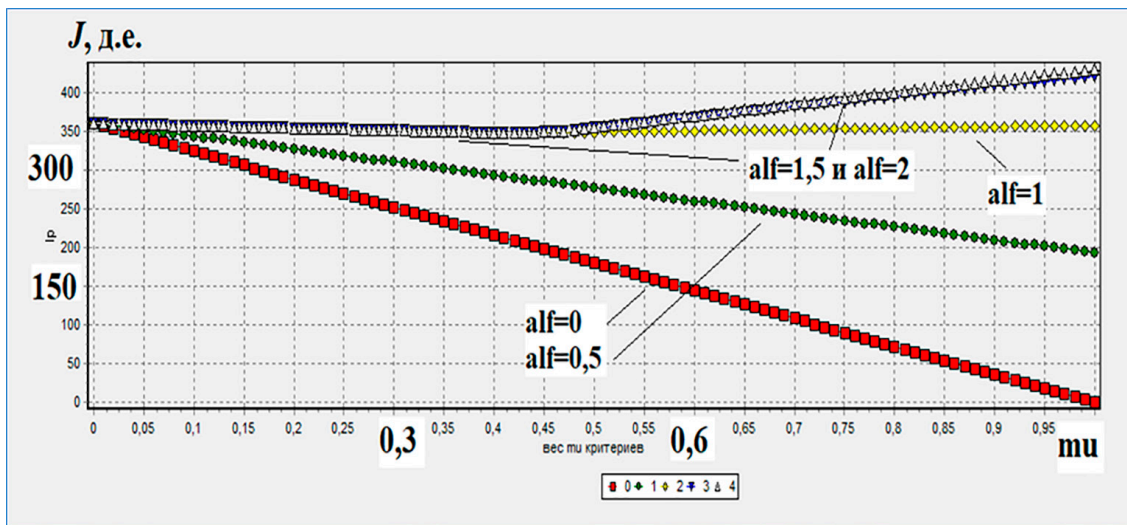


Рис. 1. Зависимости $J(\mu)$

Примечание: составлен авторами по результатам исследования

Оптимальные решения и значения свертки критериев J

α	x_1	x_2	x_3	x_4	J
0	0	0	300	400	180
0,5	350	0	300	400	276,25
1	650	0	250	400	348,75
1,5	700	80	120	400	354,5
2	700	100	100	400	355

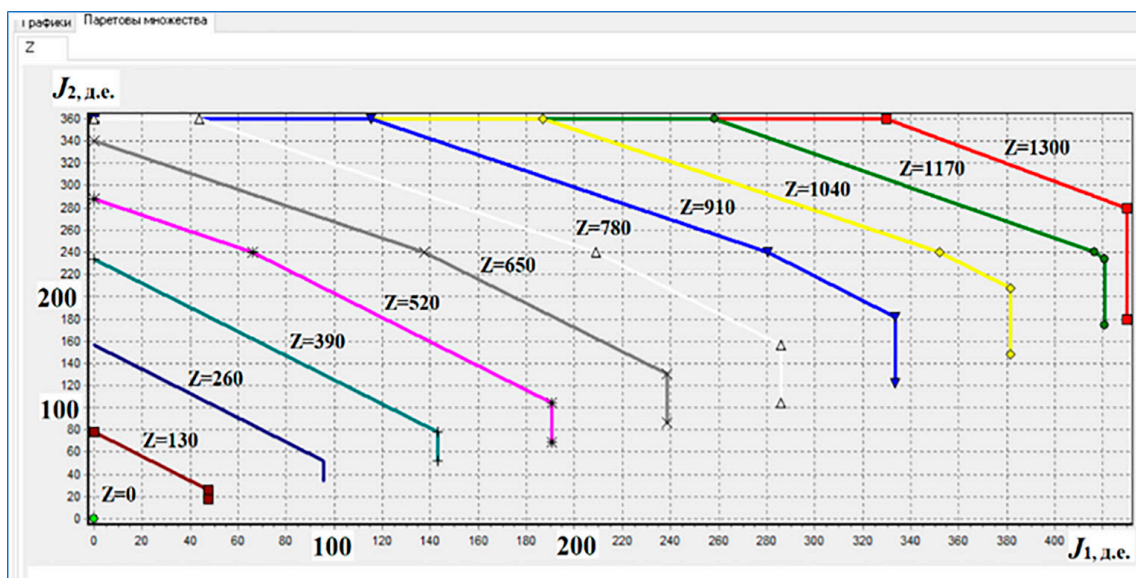


Рис. 2. Парето-множества по параметру Z при $\alpha = 2$
 Примечание: составлен авторами по результатам исследования

Отметим, что зависимости $J(\mu)$ совпадают при $\alpha = 1,5$ и $\alpha = 2$. Приведенные на рис. 1 данные свидетельствуют о нетривиальной зависимости уровня ИЗИСО по модели (1)–(2) от значений параметра α даже при небольшом количестве рассматриваемых априорных и апостериорных угроз ИБ, что, безусловно, требует дальнейшего изучения свойств и многопараметрического анализа построенной модели. В таблице приведены также оптимальные решения и соответствующие значения свертки J критериев задачи при $\mu = 0,5$.

Как видно из таблицы, полученные оптимальные решения существенно определяются значениями параметра α и соответствуют содержательному смыслу решаемой задачи. Построим далее Парето-множества задачи (1)–(2) в зависимости от изменения параметра общих затрат Z в диапазоне от 0 до 1300 д.е. с шагом 130 д.е. и $\alpha = 2$ (рис. 2).

На рис. 2 изображены Парето-множества задачи (1)–(2), причем по осям координат отложены значения каждого из критериев. Используя полученные данные, аналитик ИБ или любое другое ЛПР может определить оптимальные диапазоны изменения значений критериев J_1 и J_2 эффективности затрат на купирование априорных и апостериорных угроз ИБ. Так, например, при $Z = 130 - J_1 \in (0; 48), J_2 \in (20; 80)$, при $Z = 780 - J_1 \in (0; 285), J_2 \in (100; 350)$, а при $Z = 1300 - J_1 \in (0; 550), J_2 \in (180; 355)$.

Заключение

Математическая модель (1)–(2) представляет собой легко интерпретируемую для использования специалистами-практиками, имеющую экономический смысл оптимального распределения ресурсов задачу линейного программирования в стандартной форме. Для ее предварительного анализа автор использовал решающий указанную задачу многопараметрический графоанализатор с возможностями графического и Парето-анализа. Совокупность данных инструментов позволяет реализовать принцип информационной, модельной и алгоритмической сбалансированности, практически необходимый для разработки эффективных автоматизированных систем поддержки принятия решений в условиях значительного количества угроз безопасности функционирования сложных систем. Благодаря идентичности подходов к оценке рисков функционирования сложных систем путем рассмотрения взвешенной комбинации затрат на мероприятия по нивелированию (снижению, устранению, уменьшению, компенсации и пр.) рисков в любой сфере человеческой деятельности, построенная в работе модель может быть применена для оценки оптимальных затрат на защиту от угроз безопасности и тем самым для повышения уровня общей безопасности в социальных, экономических, технических, информационных и других сложных системах.

Список литературы

1. Ловцов Д.А. Теория защищенности информации в эргасистемах: монография. М.: Российский государственный университет правосудия, 2021. 273 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48626488> (дата обращения: 13.11.2025).
2. Клименко И.С. Информационная безопасность и защита информации: модели и методы управления. М.: ИНФРА-М, 2020. 180 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41333803> (дата обращения: 13.11.2025).
3. Нестерук Л.Г., Нестерук Г.Ф., Суханов А.В., Любимов А.В. К моделированию экономических аспектов защищенности информационных систем // Вопросы защиты информации. 2008. № 2 (81). С. 40–44. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11910821> (дата обращения: 15.11.2025).
4. Собакин И.Б. Анализ подходов к определению оптимального объема инвестиций в информационную безопасность // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2012. Т. 62. № 4. С. 63–68. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=19020078> (дата обращения: 15.11.2025).
5. Запечников С.В., Полякова А.С. Исследование моделей оценки оптимального объема инвестиций в информационную безопасность // Вестник РГГУ. Серия: Документоведение и архивоведение. Информатика. Защита информации и информационная безопасность. 2012. № 14 (94). С. 153–168. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18242879> (дата обращения: 16.11.2025).
6. Гончаров В.В., Мишенина О.В. Защита информации в автоматизированных системах: концептуально-математические аспекты // Правовая информатика. 2024. № 3. С. 43–57. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=74509297> (дата обращения: 16.11.2025).
7. Хлобыстова А.О., Абрамов М.В., Тулупьев А.Л. Подход наибольшего правдоподобия к задаче выявления траекторий соционинженерных атак и скомпрометированных пользователей информационных систем // Системы управления, связи и безопасности. 2019. № 3. С. 202–219. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=40081988> (дата обращения: 13.11.2025). DOI: 10.24411/2410-9916-2019-10310.
8. Дулесов А.С., Федоренко Н.С. Энтропийно-вероятностный анализ дерева событий // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 6. С. 152–157. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54034631> (дата обращения: 17.11.2025).
9. Базилевский М.П., Наседкин П.Н. Формализация модели информационной безопасности предприятия в виде многокритериальной задачи линейного программирования // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2023. Т. 11. № 3 (42). С. 10–11. DOI: 10.26102/2310-6018/2023.42.3.021. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54676384> (дата обращения: 18.11.2025).
10. Зегжда П.Д., Анисимов В.Г., Супрун А.Ф. и др. Модели и метод поддержки принятия решений по обеспечению информационной безопасности информационно-управляющих систем // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2018. № 1. С. 43–47. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35079334> (дата обращения: 17.11.2025).
11. Федорев А.Г. Новый метод оценки рисков, основанный на неопределенности // Безопасность и охрана труда. 2025. № 1 (102). С. 4–7. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=80506739> (дата обращения: 17.11.2025).
12. Медведев А.В. Оптимизационная математическая модель информационной безопасности // Научные исследования в современном мире. Теория и практика: сборник избранных статей Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. СПб.: ГНИИ «НАЦРАЗ-ВИТИЕ», 2021. С. 66–68. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47143603> (дата обращения: 13.11.2025).
13. Медведев А.В. Автоматизированная поддержка принятия оптимальных решений в инвестиционно-производственных проектах развития социально-экономических систем: монография. М.: Издательский Дом «Академия Естествознания», 2020. 200 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44108542> (дата обращения: 13.11.2025). DOI: 10.17513/np.421.
14. Медведев А.В., Киренберг А.Г., Прокопенко Е.В., Кисляков И.М., Ромашкин В.Д. Применение системы поддержки принятия инвестиционных решений в оценке информационно-экономической безопасности организации // Научно-технический вестник Поволжья. 2024. № 4. С. 298–303. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67203059> (дата обращения: 17.11.2025).
15. Kirenberg A., Medvedev A., Prokopenko E. A mathematical model of information security for a mining company // E3S Web of Conferences (Kemerovo, 19–21 Oct. 2020). Kemerovo, 2020. P. 04012. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44046713> (дата обращения: 13.11.2025). DOI: 10.1051/e3sconf/202017404012.

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The author declares that there is no conflict of interest.



ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЕСТРОМ РАДИОЧАСТОТНЫХ ПРИСВОЕНИЙ

¹Аданбаев А. М. ORCID 0009-0005-5888-1220,

²Сагымбаев А. А. ORCID 0009-0009-6177-0627

¹*Кыргызско-Турецкий университет «Манас», Бишкек, Кыргызская Республика,
e-mail: aybek@manas.edu.kg;*

²*Кыргызский государственный технический университет имени И. Разакова,
Бишкек, Кыргызская Республика*

Внутренняя цифровизация государственных и ведомственных информационных систем часто обосновывается общими аргументами о повышении эффективности, однако для принятия управленческого решения требуется количественная оценка ожидаемого экономического эффекта до полного внедрения. Цель исследования состоит в разработке и применении расчетного подхода к оценке экономической эффективности перехода от существующей настольной модели работы с радиочастотным реестром к веб-ориентированной информационной системе. В качестве методической основы использованы модель стандартных затрат, дисконтированный денежный поток, подход совокупной стоимости владения, расчет чистой приведенной стоимости, сценарный анализ, однофакторный анализ чувствительности и имитационное моделирование методом Монте-Карло. Расчеты выполнены на основе агрегированных операционных показателей без раскрытия исходных записей реестра. Основной измеримый эффект связан не со всеми функциями системы, а с двумя повторяющимися операционными узкими местами: сокращением затрат времени при печати документов и восстановлением возможности создания похожих записей на основе копирования. В консервативном сценарии, учитывающем заменяющую стоимость внедрения, пятилетняя чистая приведенная стоимость составляет 1 350 847 сом. Имитационное моделирование показывает медианное значение чистой приведенной стоимости 1 547 561 сом при положительном результате во всех 10 000 итерациях. Расчеты показывают, что экономический эффект внутренней цифровизации может быть выборочным, но при прозрачных допущениях и анализе неопределенности может быть достаточным для предварительного обоснования управленческого решения.

Ключевые слова: экономическая эффективность, информационная система, реестр радиочастотных присвоений, модель стандартных затрат, чистая приведенная стоимость, совокупная стоимость владения, анализ чувствительности, метод Монте-Карло

ASSESSING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF IMPLEMENTING A WEB-BASED INFORMATION SYSTEM FOR MANAGING A RADIO FREQUENCY ASSIGNMENT REGISTRY

¹Adanbaev A. M. ORCID 0009-0005-5888-1220,

²Sagymbaev A. A. ORCID 0009-0009-6177-0627

¹*Kyrgyz-Turkish Manas University, Bishkek, Kyrgyz Republic,
e-mail: aybek@manas.edu.kg;*

²*Kyrgyz State Technical University named after I. Razzakov, Bishkek, Kyrgyz Republic*

Internal digitalization of governmental and departmental information systems is often justified by general expectations of greater efficiency, yet managerial decisions require a quantitative assessment of the expected economic effect before full implementation. The purpose of this study is to develop and apply a calculation-based approach for assessing the economic efficiency of transitioning from a legacy desktop model of work with a radio frequency assignment registry to a web-based information system. The methodology combines the Standard Cost Model, discounted cash flow, total cost of ownership, net present value, scenario analysis, one-way sensitivity analysis, and Monte Carlo simulation. The calculations use aggregated operational indicators and do not disclose source registry records. The main measurable effect is not associated with all system functions but with two recurring operational bottlenecks: reducing document printing time and restoring the possibility of creating similar records by copying previously entered data. In the conservative scenario based on replacement cost, the five-year net present value is 1.35 million Kyrgyz soms. Monte Carlo simulation gives a median net present value of 1.55 million Kyrgyz soms and a positive result in all 10,000 iterations. The calculations indicate that the economic effect of internal digitalization can be selective but may be sufficient for preliminary managerial justification when assumptions and uncertainty are made transparent.

Keywords: economic efficiency, information system, radio frequency assignment registry, Standard Cost Model, net present value, total cost of ownership, sensitivity analysis, Monte Carlo simulation

Введение

Цифровизация внутренних информационных систем в государственном секторе часто рассматривается как необходимое условие повышения эффективности управления, сокращения административных издержек и повышения устойчивости рабочих процессов. Однако в практических условиях внедрение таких систем не всегда сопровождается предварительной количественной оценкой ожидаемого экономического эффекта. Особенно это характерно для внутренних реестровых систем, где результат цифровизации выражается не в прямом росте доходов, а в высвобождении рабочего времени сотрудников, снижении операционных задержек, улучшении доступности функций и уменьшении зависимости от устаревшей технической инфраструктуры [1].

Для организаций, работающих с административными реестрами, задача оценки эффективности осложняется ограниченностью исходных данных. До полного внедрения новой системы, как правило, отсутствуют развернутые статистические данные о фактической эксплуатации, а доступные сведения представлены в виде агрегированных оценок частоты операций, времени выполнения отдельных задач, экспертных оценок и фрагментов журналов работы системы. В этих условиях экономическая оценка должна быть достаточно простой для практического применения, но при этом прозрачной с точки зрения исходных допущений, расчетной логики и анализа неопределенности [2, 3].

В настоящей статье рассматривается пример оценки ожидаемой экономической эффективности внедрения веб-ориентированной информационной системы управления радиочастотным реестром. Исследуемая система предназначена для внутреннего использования и поддерживает типовые операции ведения реестра: создание и редактирование записей, поиск, подготовку печатных форм и работу с повторяющимися административными действиями. Исходная модель работы основана на настольной конфигурации, при которой клиентское приложение установлено на отдельных рабочих станциях, а доступ к некоторым функциям, включая печать, ограничен техническими и организационными условиями. Целевая модель предполагает переход к централизованному веб-приложению, доступному через браузер во внутренней сети организации.

Особенность рассматриваемого случая состоит в том, что ожидаемый экономический эффект не распределяется равномерно по всем функциям системы. Основные из-

меримые выгоды связаны с двумя повторяющимися операционными узкими местами: сокращением времени на печать документов и восстановлением возможности создания похожих записей на основе копирования ранее внесенных данных. Поэтому оценка эффективности строится не как общее утверждение о пользе цифровизации, а как расчет конкретных изменений в трудозатратах по операциям, для которых имеются обоснованные исходные параметры.

Методически исследование объединяет модель стандартных затрат, дисконтированный денежный поток, подход совокупной стоимости владения, расчет чистой приведенной стоимости, сценарный анализ, однофакторный анализ чувствительности и имитационное моделирование методом Монте-Карло. Такой подход позволяет связать операционные изменения в рабочих процессах с финансово-экономическими показателями и одновременно показать, насколько результат устойчив к изменению ключевых допущений. Это особенно важно для управленческих ситуаций с ограниченным объемом исходных данных, где решение о внедрении должно приниматься до накопления полной эксплуатационной статистики [4, 5].

Цель исследования – разработка и апробация расчетного подхода к оценке экономической эффективности внедрения веб-ориентированной информационной системы управления радиочастотным реестром в условиях ограниченности исходных эксплуатационных данных. Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи: определить различия между текущей и целевой моделями выполнения ключевых операций реестра; оценить высвобождаемое рабочее время сотрудников на основе модели стандартных затрат; перевести операционные эффекты в денежную оценку с использованием ставки трудозатрат; рассчитать пятилетнюю чистую приведенную стоимость с учетом совокупной стоимости владения; проверить устойчивость результатов с помощью сценарного анализа, анализа чувствительности и имитационного моделирования методом Монте-Карло.

Материалы и методы исследования

Материалом исследования является кейс внедрения веб-ориентированной информационной системы управления радиочастотным реестром во внутренней административной среде. Рассматриваемая система предназначена для поддержки типовых операций ведения реестра: создания и редактирования записей, поиска, подготовки печатных форм и выполнения повторяющихся операций с похожими записями.

В качестве базового состояния рассматривается существующая настольная модель работы, при которой клиентское приложение установлено на отдельных рабочих станциях, а база данных размещена на отдельном компьютере во внутренней сети. Целевое состояние предполагает использование централизованного веб-приложения, доступного через браузер.

Исследование построено как сравнительная оценка двух состояний: текущего процесса выполнения операций, или состояния «как есть» (AS-IS), и целевой модели после внедрения системы, или состояния «как должно быть» (TO-BE). Такой подход позволяет оценивать не информационную систему как технический объект сам по себе, а изменение трудозатрат в конкретных повторяющихся операциях. В расчет включались только те эффекты, для которых имелась обоснованная измерительная база: сокращение времени при печати документов и создание похожих записей на основе копирования ранее внесенных данных. Возможные качественные эффекты, связанные с управляемостью, снижением операционных рисков и последующей интеграцией с внешними системами, учитывались в обсуждении, но не включались в денежную модель.

Исходные данные использованы в агрегированном виде. В расчетах применялись следующие основные параметры: около 350 000 записей в реестре, 8 рабочих станций, примерно 1000 изменений записей в месяц, 12 000 печатных операций в год, 2061 операция создания похожих записей в год и ставка трудозатрат 300 сом/ч. Параметр частоты создания похожих записей был определен на основе архивного журнала операций logging archive как среднее значение за 2008–2012 гг. Остальные значения были заданы как агрегированные операционные оценки текущего и целевого процессов и проверялись на внутреннюю согласованность. Поскольку длительное выборочное хронометрирование каждой операции до полного внедрения системы не проводилось, временные параметры интерпретируются как центральные расчетные оценки, а не как статистические средние по независимой выборке наблюдений. Для компенсации этой неопределенности в работе применяются сценарный анализ, однофакторный анализ чувствительности, стресс-сценарий и имитационное моделирование методом Монте-Карло. Такой подход позволяет исключить раскрытие исходных записей реестра, персональных данных и детализированных служебных журналов.

Методика исследования включает два взаимосвязанных расчетных уровня. На

первом уровне применяется модель стандартных затрат, позволяющая оценить высвобождаемое рабочее время при сокращении длительности повторяющихся административных операций [6]. На втором уровне полученные операционные эффекты переводятся в пятилетнюю экономическую оценку с использованием дисконтированного денежного потока, совокупной стоимости владения и показателя чистой приведенной стоимости [7, 8].

Для операции i годовой объем выполнения обозначим через F_i , время выполнения операции в текущем состоянии – через t_i^{AS-IS} , время выполнения операции в целевом состоянии – через t_i^{TO-BE} , а ставку трудозатрат – через ω . Экономия времени на одну операцию определяется по формуле

$$\Delta t_i = t_i^{AS-IS} - t_i^{TO-BE}.$$

Годовой объем высвобождаемого рабочего времени в часах рассчитывается следующим образом:

$$H_i = \frac{F_i \cdot \Delta t_i}{60}.$$

Денежная оценка годового эффекта по операции i определяется как

$$B_i = H_i \cdot \omega.$$

Совокупный годовой эффект по всем учитываемым операциям рассчитывается как сумма денежных эффектов:

$$B = \sum_i B_i.$$

В настоящем исследовании основная часть эффекта связана с печатью документов. В текущей модели среднее время печати с учетом организационных задержек составляет 8 мин на одну операцию, тогда как в целевой модели оно оценивается в 1 мин. При частоте 12 000 операций в год это дает 1400 ч высвобождаемого рабочего времени в год. Второй учитываемый эффект связан с созданием похожих записей на основе копирования. Для данной операции время ручного создания похожей записи в текущей модели принято равным 2,0 мин, а время создания похожей записи в целевой модели – 0,5 мин. Следовательно, расчетная экономия составляет 1,5 мин на одну запись при частоте 2061 операция в год. Высвобождаемое рабочее время трактуется как возможность перераспределения трудовых ресурсов на другие административные задачи, а не как прямое сокращение численности персонала.

На втором уровне анализа выполняется расчет чистой приведенной стоимости за пятилетний период. Горизонт оценки обозначим через $T = 5$, номер года – через t , реальную ставку дисконтирования – через r , годовой денежный эффект – через B_t , операционные затраты (operating expenditures) – через $OPEX_t$, первоначальные капитальные затраты внедрения (capital expenditures) – через $CAPEX_0$. Годовой чистый экономический поток определяется по формуле

$$NCF_t = B_t - OPEX_t.$$

Дисконтированное значение годового чистого потока рассчитывается как

$$DNCF_t = \frac{NCF_t}{(1+r)^t}.$$

Чистая приведенная стоимость определяется следующим образом:

$$NPV = -CAPEX_0 + \sum_{t=1}^T \frac{B_t - OPEX_t}{(1+r)^t}.$$

В расчетах используется ставка дисконтирования 8 %. Поскольку в рассматриваемом случае отсутствует единый обязательный национальный норматив для такой оценки, устойчивость результата дополнительно проверяется при ставках 3 и 10 %. Денежные потоки рассчитываются в постоянных ценах. Годовой эффект трактуется как стоимостная оценка высвобождаемого рабочего времени, то есть как экономический, а не обязательно бюджетный денежный эффект.

Для учета различий в трактовке затрат применяются два варианта стоимостного представления. В первом варианте используется подход невозвратных затрат: уже имеющееся оборудование считается предоставленным ранее, поэтому первоначальные капитальные затраты принимаются равными нулю. Во втором варианте используется подход заменяющей стоимости: внедрение рассматривается как новая инвестиция, включающая эквивалентные затраты на оборудование и настройку. В этом варианте первоначальные затраты составляют 23 675 сом, а ежегодные расходы на администрирование и поддержку принимаются равными 7200 сом.

Годовой эффект в каждой итерации рассчитывался по формуле

$$B^{(k)} = \alpha^{(k)} \cdot \left(\frac{F_{print}^{(k)} \cdot \Delta t_{print}^{(k)}}{60} \cdot \omega + \frac{F_{copy}^{(k)} \cdot \Delta t_{copy}^{(k)}}{60} \cdot \omega \right),$$

где k – номер итерации, $\alpha^{(k)}$ – коэффициент реализации эффекта, $F_{print}^{(k)}$ – годовая частота печатных операций, $\Delta t_{print}^{(k)}$ – экономия времени на одну печатную операцию, $F_{copy}^{(k)}$ – годовая

Для проверки устойчивости результатов сформированы три сценария. Базовый сценарий использует подход невозвратных затрат и центральные значения входных параметров. Консервативный сценарий использует подход заменяющей стоимости, включает первоначальные затраты 23 675 сом, ежегодные операционные затраты 7200 сом и уменьшает объем печатных операций на 20 %. Оптимистичный сценарий сохраняет подход невозвратных затрат, но увеличивает объем печатных операций на 20 %. Такой набор сценариев позволяет показать результат как при наиболее осторожной трактовке затрат, так и при более высокой нагрузке системы.

Дополнительно проведен однофакторный анализ чувствительности. В рамках этого анализа поочередно изменялись ключевые параметры модели: годовой объем печати, экономия времени на одну печатную операцию, частота создания похожих записей, экономия времени на одну такую операцию, ставка трудозатрат, ставка дисконтирования, ежегодные затраты на поддержку и первоначальные затраты внедрения. Все остальные параметры при этом оставались неизменными. Такой подход позволяет определить, какие допущения оказывают наибольшее влияние на итоговую чистую приведенную стоимость [9].

Для учета совместной неопределенности параметров использовано имитационное моделирование методом Монте-Карло [10]. В отличие от детерминированного сценарного анализа, имитационное моделирование формирует распределение возможных значений чистой приведенной стоимости. В каждой итерации случайным образом задавались значения ключевых параметров: частоты печати, экономии времени на печатную операцию, частоты создания похожих записей, экономии времени на такую операцию, коэффициента реализации эффекта, ежегодных расходов на поддержку и ставки дисконтирования. Для неопределенных параметров использовались треугольные распределения, где минимальное, наиболее вероятное и максимальное значения задавались на основе центральных расчетных параметров и допустимых отклонений.

частота создания похожих записей, $\Delta t_{copy}^{(k)}$ – экономия времени на одну такую операцию, ω – ставка трудозатрат.

Коэффициент реализации эффекта отражает возможность неполной реализации ожидаемых выгод цифровой трансформации, включая неполное использование функций системы, организационное привыкание и исключения в рабочем процессе [11].

В каждой итерации значение $NPI^{(k)}$ рассчитывалось по общей формуле дисконтирования за пятилетний период. Всего выполнено 10 000 итераций. Результаты имитационного моделирования представлены медианой, 2,5-м и 97,5-м перцентилями, а также вероятностью положительной чистой приведенной стоимости. Треугольные распределения используются как практический инструмент задания ограниченной неопределенности, поэтому полученный интервал интерпретируется как расчетный диапазон устойчивости результата,

а не как строгий статистический доверительный интервал.

Результаты исследования и их обсуждение

Исходные параметры расчетной модели представлены в табл. 1. Они отражают не полную совокупность всех операций реестра, а только те повторяющиеся действия, по которым можно обоснованно оценить изменение трудозатрат при переходе от текущей настольной модели к веб-ориентированной информационной системе. Для повышения проверяемости расчета в таблице дополнительно указаны источники или основания включения каждого ключевого параметра в модель.

Основной измеримый эффект связан с операцией печати документов. В текущем состоянии среднее время выполнения одной печатной операции с учетом организационных задержек составляет 8 мин. В целевой веб-ориентированной модели соответствующее время оценивается в 1 мин.

Таблица 1

Исходные параметры расчетной модели

Параметр	Значение, принятое в расчетах	Источник / основание
Время печати в текущей модели (AS-IS)	8 мин	Операционная оценка текущего процесса с учетом организационных задержек
Время печати в целевой модели (TO-BE)	1 мин	Расчетная оценка целевого веб-процесса печати
Годовая частота печатных операций	12 000 операций/год	Около 1000 печатных операций в месяц × 12 месяцев
Время ручного создания похожей записи в текущей модели (AS-IS)	2,0 мин	Операционная оценка повторного ручного ввода похожей записи
Время создания похожей записи в целевой модели (TO-BE)	0,5 мин	Расчетное допущение: проверка скопированной записи и корректировка отличающихся полей
Частота создания похожих записей на основе копирования	2061 операция/год	Архивный журнал logging_archive: среднее за 2008–2012 гг.; 10 425 операций за 5 лет
Ставка трудозатрат	300 сом/ч	Единая расчетная ставка стоимости рабочего времени
Первоначальные затраты внедрения (CAPEX)	23 675 сом	Сценарная оценка заменяющей стоимости размещения и настройки системы
Ежегодные расходы на администрирование и поддержку (OPEX)	7200 сом/год	До 2 ч поддержки в месяц × 300 сом/ч × 12 месяцев
Ставка дисконтирования	8 %	Базовое допущение; проверяется при 3 и 10 %
Экономия, связанная со снижением рисков и повышением качества	Не монетизируется	Учитывается качественно; не включается в расчет чистой приведенной стоимости

Примечание: составлена авторами на основе агрегированных операционных данных, архивного журнала операций и расчетных допущений исследования. Исходные записи реестра, персональные данные и служебные детализированные журналы в статье не раскрываются.

При годовой частоте 12 000 печатных операций экономия времени составляет 7 мин на одну операцию, или 84 000 минут в год. В пересчете на рабочее время это соответствует 1400 ч в год. При ставке трудозатрат 300 сом/ч годовая денежная оценка высвобождаемого времени составляет 420 000 сом.

Второй учитываемый эффект связан с созданием похожих записей на основе копирования ранее внесенных данных. В текущей модели эта возможность отсутствует или не используется в полном объеме, что приводит к повторному ручному вводу похожих записей. В целевой системе восстановление функции копирования не устраняет операцию полностью, поскольку оператору требуется проверить скопированную запись и скорректировать отличающиеся поля. Поэтому время создания похожей за-

писи в целевой модели принято равным 0,5 мин, а расчетная экономия составляет 1,5 мин на одну операцию. При годовой частоте 2061 операция это дает около 51,53 ч высвобождаемого рабочего времени в год, что соответствует примерно 15,46 тыс. сом при принятой ставке трудозатрат.

Сравнение текущей и целевой моделей по операциям приведено в табл. 2, из которой видно, что экономический эффект не распределяется равномерно по всем функциям реестра. Операции изменения записи и поиска в рамках данной оценки не дают измеримого сокращения времени, поскольку для них приняты одинаковые значения длительности в текущей и целевой моделях. Следовательно, основная часть результатов формируется двумя операционными узкими местами: печатью и созданием похожих записей.

Таблица 2

Сравнение операций AS-IS/TO-BE
и годовые трудовые эффекты по модели стандартных затрат

Процессная область	Операция / задача	Исполнитель	Единица	Частота в год	Время AS-IS, мин	Время TO-BE, мин	Экономия времени, мин	Годовая экономия времени, ч	Годовая экономия трудозатрат, сом
Вывод / отчетность	Печать документа или выписки из записи	Оператор	операция	12 000	8	1	7	1400,00	420 000
Операции реестра	Создание похожей записи с использованием копирования / шаблона	Оператор	операция	2061*	2,0	0,5**	1,5	51,53	15 458
Операции реестра	Изменение записи	Оператор	операция	12 000	2	2	0	0	0
Операции реестра	Поиск / запрос	Оператор	операция	2400	1	1	0	0	0
–	ИТОГО	–	–	–	–	–	–	1451,53	435 458

Примечание: монетизированная ставка трудозатрат составляет 300 сом/ч. Оценка времени печати AS-IS включает координационные и организационные задержки, поскольку в прежней конфигурации печать была доступна только на ограниченной части рабочих станций. * Частота операций создания похожих записей получена из logging_archive: среднее за 2008–2012 гг. (5 операционных лет; 10 425 операций копирования за полный архивный период июнь 2000 г. – октябрь 2014 г.). Отсутствие функции копирования в журналах 2013–2014 гг. указывает на ее удаление из прежней системы; новая система восстанавливает эту возможность. ** Время TO-BE для создания записи на основе копирования принято равным 0,5 мин. Это расчетное допущение отражает то, что функция копирования извлекает похожую запись, однако оператору требуется время на проверку и корректировку отличающихся полей. Значение не является результатом отдельного статистического хронометража и рекомендуется к последующей проверке после внедрения.

Составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Таблица 3

Результаты пятилетней дисконтированной экономической оценки по сценариям

Сценарий	Год	САРЕХ, сом	ОРЕХ, сом	Экономия трудоузапрат, сом	Чистый экономический поток, сом	Дисконтированный чистый экономический поток, сом
Базовый сценарий (невозвратные запраты)	0	0	0	0	0	0
Базовый сценарий (невозвратные запраты)	1	0	0	435 458	435 458	403 202
Базовый сценарий (невозвратные запраты)	2	0	0	435 458	435 458	373 335
Базовый сценарий (невозвратные запраты)	3	0	0	435 458	435 458	345 681
Базовый сценарий (невозвратные запраты)	4	0	0	435 458	435 458	320 075
Базовый сценарий (невозвратные запраты)	5	0	0	435 458	435 458	296 365
Консервативный сценарий (заменяющая стоимость)	0	23 675	0	0	-23 675	-23 675
Консервативный сценарий (заменяющая стоимость)	1	0	7200	351 458	344 258	318 757
Консервативный сценарий (заменяющая стоимость)	2	0	7200	351 458	344 258	295 146
Консервативный сценарий (заменяющая стоимость)	3	0	7200	351 458	344 258	273 283
Консервативный сценарий (заменяющая стоимость)	4	0	7200	351 458	344 258	253 040
Консервативный сценарий (заменяющая стоимость)	5	0	7200	351 458	344 258	234 296
Оптимистичный сценарий (+20 % к объему печати)	0	0	0	0	0	0
Оптимистичный сценарий (+20 % к объему печати)	1	0	0	519 458	519 458	480 980
Оптимистичный сценарий (+20 % к объему печати)	2	0	0	519 458	519 458	445 352
Оптимистичный сценарий (+20 % к объему печати)	3	0	0	519 458	519 458	412 363
Оптимистичный сценарий (+20 % к объему печати)	4	0	0	519 458	519 458	381 817
Оптимистичный сценарий (+20 % к объему печати)	5	0	0	519 458	519 458	353 534

Примечание: горизонт оценки – 5 лет; ставка дисконтирования – 8 %. Экономия, связанная со снижением рисков и повышением качества, исключена из монетизированной экономической модели и рассматривается только как качественный эффект. Экономия трудоузапрат объединяет эффект от печати и эффект создания похожих записей на основе копирования. Пятилетняя чистая приведенная стоимость: 1 738 658 сом для базового сценария; 1 350 847 сом для консервативного сценария, используемого как основной ориентир принятия решения; 2 074 046 сом для оптимистичного сценария.

Составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Совокупный годовой экономический эффект, включенный в денежную модель, составляет 435 458 сом. При этом данный показатель следует трактовать не как прямую бюджетную экономию, а как стоимостную оценку высвобождаемого рабочего времени. Иными словами, результат отражает потенциальное увеличение доступной административной мощности организации за счет сокращения повторяющихся трудовых затрат. Такое разграничение важно, поскольку внедрение системы не предполагает автоматического сокращения численности сотрудников.

На втором этапе расчета годовой эффект был включен в пятилетнюю модель дисконтированного денежного потока. В базовом сценарии применяется подход невозвратных затрат: предполагается, что необходимое оборудование уже имеется в распоряжении организации, поэтому первоначальные капитальные затраты принимаются равными нулю. В этом случае при годовом эффекте 435 458 сом и ставке дисконтирования 8 % чистая приведенная стоимость за 5 лет составляет 1 738 658 сом.

В консервативном сценарии используется подход заменяющей стоимости. В расчет включаются первоначальные затраты 23 675 сом, ежегодные расходы на администрирование и поддержку 7200 сом, а объем печатных операций снижается на 20 %

по сравнению с базовым значением. Даже при этих допущениях пятилетняя чистая приведенная стоимость остается положительной и составляет 1 350 847 сом. Поэтому данный сценарий может рассматриваться как основной ориентир для принятия решения, поскольку он учитывает не только эффект от внедрения, но и более осторожную трактовку затрат.

В оптимистичном сценарии объем печатных операций увеличивается на 20 % при сохранении подхода невозвратных затрат. В этом случае пятилетняя чистая приведенная стоимость возрастает до 2 074 046 сом. Результаты по всем трем сценариям представлены в табл. 3.

Сценарные расчеты указывают на сохранение положительной чистой приведенной стоимости при различных вариантах трактовки затрат и нагрузки на систему. Даже консервативный сценарий остается положительным, что показывает: расчетный эффект не является следствием только благоприятного предположения о нулевых первоначальных затратах. Дополнительно относительно консервативного варианта были проверены четыре стресс-сценария: снижение эффекта печати на 50 %, удвоение ОРЕХ, задержка внедрения на год и реализация только 70 % расчетной экономии трудовых затрат. Результаты представлены в табл. 4.

Таблица 4

Стресс-сценарии пятилетней модели чистой приведенной стоимости

Стресс-сценарий	Изменение в расчетной модели	Чистая приведенная стоимость, сом	Интерпретация
Снижение эффекта печати на 50 %	Денежный эффект печати в консервативном сценарии дополнительно снижен в 2 раза	680 072	Результат остается положительным
Рост ОРЕХ	Ежегодные расходы на поддержку увеличены с 7200 до 14 400 сом/год	1 322 100	Влияние ограничено из-за небольшого размера ОРЕХ
Задержка внедрения на год	Экономический эффект и ОРЕХ учитываются только со второго года расчетного горизонта	1 032 090	Показатель остается положительным, но запас устойчивости снижается
Неполная реализация операционного эффекта	Реализуется только 70 % расчетной экономии трудовых затрат	929 866	Результат остается положительным даже при неполной реализации выгод

Примечание: стресс-сценарии рассчитаны относительно консервативного варианта с заменяющей стоимостью внедрения. В каждом сценарии изменяется одно неблагоприятное условие, остальные параметры сохраняются на уровне консервативного сценария. Значение 70 % соответствует нижней границе коэффициента реализации эффекта, использованного в имитационном моделировании методом Монте-Карло.

Составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

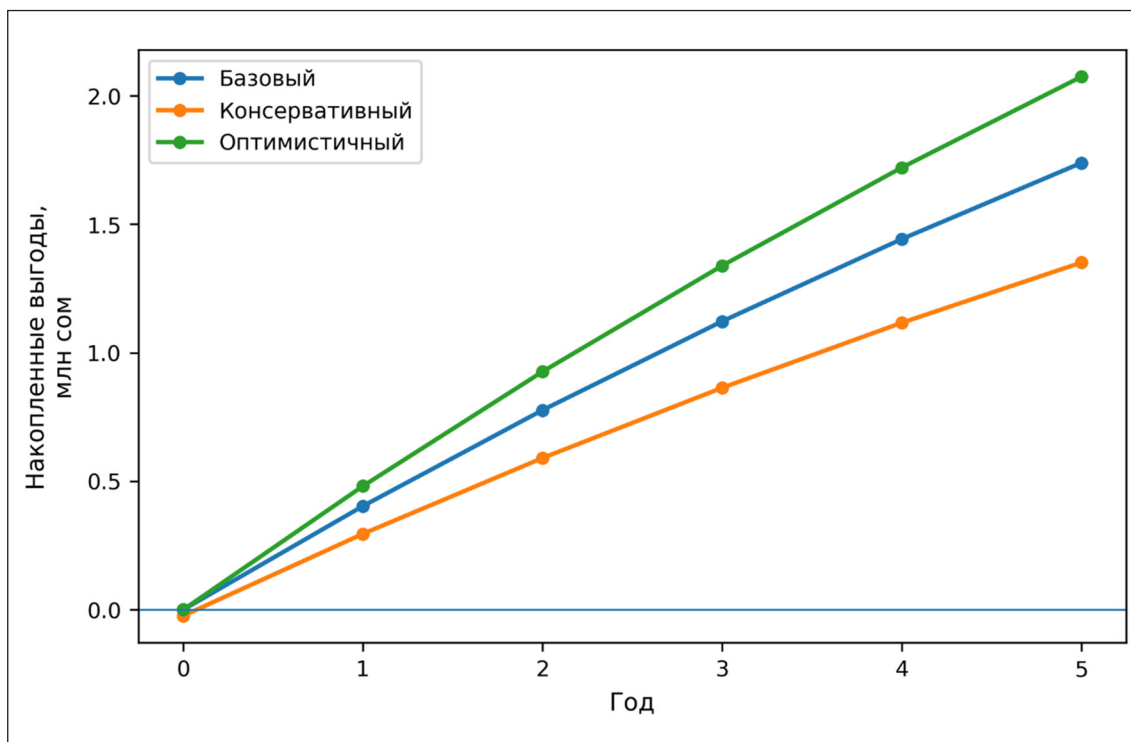


Рис. 1. Накопленные дисконтированные чистые выгоды за пятилетний период при ставке дисконтирования 8 % по базовому, консервативному и оптимистичному сценариям
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования

Стресс-тест показывает, что расчетная чистая приведенная стоимость остается положительной даже при дополнительных неблагоприятных условиях. Наиболее чувствительным является сценарий 50 % снижения эффекта печати, что согласуется с результатами однофакторного анализа чувствительности.

Динамика накопленных дисконтированных чистых выгод по трем сценариям представлена на рис. 1. Во всех сценариях накопленный результат становится положительным уже на раннем этапе расчетного горизонта и далее продолжает увеличиваться. Это указывает на короткий дисконтированный срок окупаемости и на то, что ожидаемый экономический эффект формируется не в конце периода, а уже в первые годы эксплуатации системы.

Однофакторный анализ чувствительности показывает, что итоговая чистая приведенная стоимость наиболее сильно зависит от двух параметров: годового объема печатных операций и экономии времени на одну печатную операцию. Это объясняется мультипликативной структурой расчетной модели: годовой эффект по печати определяется произведением частоты операций, экономии времени и ставки трудо-

затрат. Поэтому изменение любого из этих параметров напрямую влияет на основной поток выгод.

Вторую группу факторов образуют частота создания похожих записей и экономия времени на одну такую операцию. Их влияние ниже, чем влияние печати, но они усиливают общий экономический результат. Ставка трудозатрат также является значимым параметром, поскольку она используется для денежной оценки всего высвобожденного времени. Напротив, первоначальные капитальные затраты и ежегодные расходы на поддержку имеют относительно меньший вклад в изменение чистой приведенной стоимости при рассмотренных величинах затрат. Результаты анализа чувствительности приведены в табл. 5.

Для учета совместной неопределенности параметров было проведено имитационное моделирование методом Монте-Карло. В модель включены неопределенность годовой частоты печати, экономии времени на печатную операцию, частоты создания похожих записей, экономии времени на такую операцию, коэффициента реализации эффекта, ежегодных затрат на поддержку и ставки дисконтирования. Всего выполнено 10 000 итераций.

Таблица 5

Основные факторы однофакторного анализа чувствительности
пятилетней модели чистой приведенной стоимости

Фактор	Диапазон изменения (по одному фактору)	Нижнее значение чистой приведенной стоимости, сом	Верхнее значение чистой приведенной стоимости, сом
Годовой объем печатных операций	9600–14 400 операций/год ($\pm 20\%$ от 12 000)	1 403 268	2 074 043
Экономия времени на одну печатную операцию	5,6–8,4 мин/операция ($\pm 20\%$ от 7,0)	1 403 268	2 074 043
Частота создания похожих записей	1649–2473 операций/год ($\pm 20\%$ от 2061)	1 726 318	1 750 993
Экономия времени на одну операцию копирования	1,2–1,8 мин/операция ($\pm 20\%$ от 1,5)	1 726 312	1 750 999
Ставка трудозатрат	240–360 сом/час ($\pm 20\%$ от 300)	1 390 924	2 086 387
Ставка дисконтирования	10 % (нижнее значение чистой приведенной стоимости) – 3 % (верхнее значение чистой приведенной стоимости)	1 650 727	1 994 268
Расходы на администрирование и поддержку	7200 сом/год (нижнее значение чистой приведенной стоимости) – 0 сом/год (верхнее значение чистой приведенной стоимости)	1 709 910	1 738 658
Первоначальные затраты на размещение / внедрение	23 675 сом (нижнее значение чистой приведенной стоимости) – 0 сом (верхнее значение чистой приведенной стоимости)	1 714 983	1 738 658

Примечание: в каждой строке изменяется только один фактор, остальные параметры остаются неизменными. Диапазоны предназначены для ранжирования чувствительности, а не для построения вероятностного интервала. Первые два фактора являются мультипликативно эквивалентными в функции эффекта от печати, поэтому при $\pm 20\%$ дают одинаковый диапазон чистой приведенной стоимости.

Составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Таблица 6

Итоги имитационного моделирования чистой приведенной стоимости

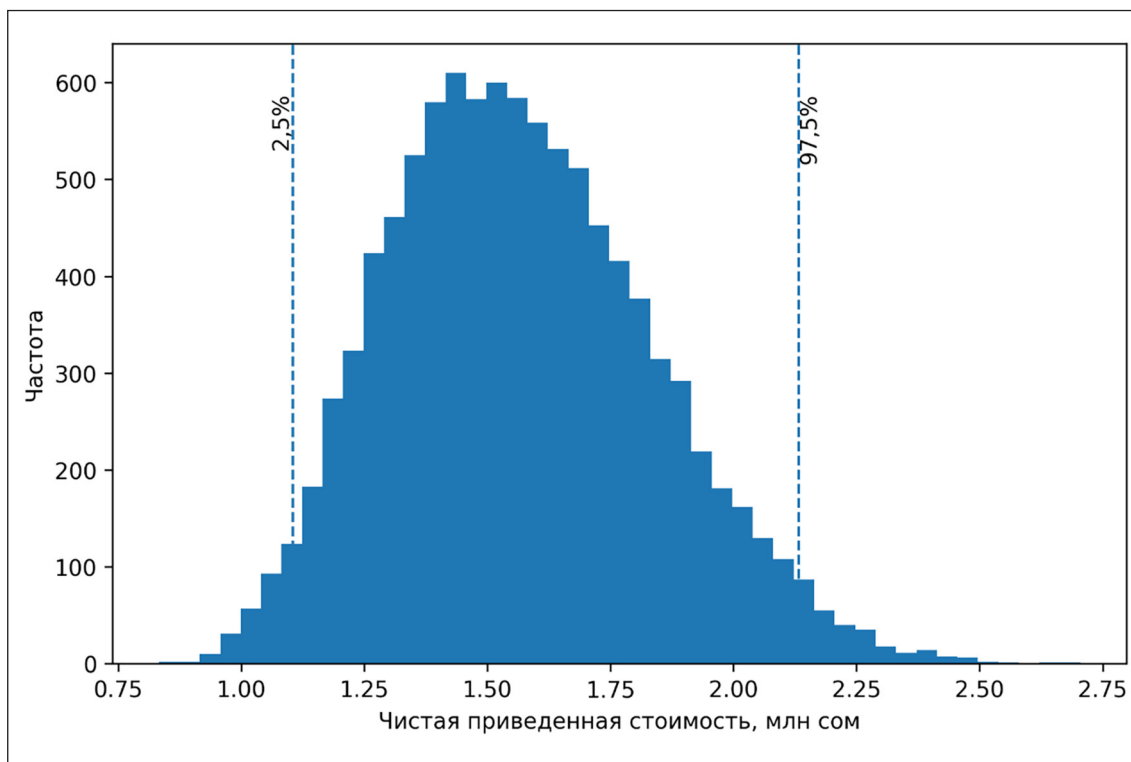
Показатель	Значение, сом
Медианное значение чистой приведенной стоимости	1 547 561
2,5-й процентиль чистой приведенной стоимости	1 104 729
97,5-й процентиль чистой приведенной стоимости	2 131 786
Вероятность положительной чистой приведенной стоимости	1,0000

Примечание: переменные рассматриваются как независимые; корреляции между параметрами не моделировались. Инкрементальные выгоды и затраты моделировались напрямую. Экономия времени на одну операцию копирования моделировалась треугольным распределением 1,2–1,5–1,8 мин. Распределения остальных переменных описываются в разделе «Материал и методы исследования».

Составлена авторами на основе полученных данных в ходе исследования

Результаты имитационного моделирования указывают на устойчивость расчетного вывода при заданных допущениях. Медианное значение чистой приведенной стоимости составляет 1 547 561 сом. Нижняя граница расчетного интервала по 2,5-му процентилю равна 1 104 729 сом, верхняя граница

по 97,5-му процентилю – 2 131 786 сом. Во всех 10 000 итерациях значение чистой приведенной стоимости остается положительным, то есть расчетная вероятность положительной чистой приведенной стоимости составляет 1,0000. Сводные результаты представлены в табл. 6.



*Рис. 2. Распределение смоделированных значений чистой приведенной стоимости при базовой конфигурации, коэффициенте реализации эффекта 0,70–1,00 и экономии времени на операцию копирования 1,2–1,5–1,8 мин, треугольные распределения, 10 000 итераций
Примечание: составлен авторами по результатам данного исследования*

Распределение значений чистой приведенной стоимости по результатам имитационного моделирования представлено на рис. 2. Полученное распределение показывает, что даже при одновременном изменении нескольких входных параметров расчетный результат остается в положительной области. Это не означает полного отсутствия риска, поскольку модель основана на ограниченном наборе агрегированных данных, расчетных временных параметрах и треугольных распределениях. Однако в пределах заданных допущений результат можно считать устойчивым.

Полученные результаты имеют несколько практических следствий.

Во-первых, экономический эффект внутренней цифровизации может быть выборочным, а не всеобъемлющим [12, 13]. В рассматриваемом случае основная выгода возникает не по всем операциям реестра, а там, где новая модель устраняет конкретные ограничения: зависимость печати от отдельных рабочих станций и отсутствие удобного механизма создания похожих записей.

Во-вторых, положительная чистая приведенная стоимость не должна интерпретироваться как автоматическая бюджетная

экономия: речь идет о высвобождаемом рабочем времени, которое может быть перераспределено на другие административные задачи. Поэтому управленческий эффект зависит не только от технического внедрения, но и от фактического принятия новой модели работы пользователями и организацией [14, 15].

В-третьих, предложенный подход показывает, что предварительная экономическая оценка внутренней цифровизации возможна даже при ограниченных данных, если явно заданы исходные параметры, границы учета затрат, сценарии и проверка чувствительности результата.

Вместе с тем результаты следует интерпретировать с учетом ограничений: расчет выполнен на основе одного кейса, часть входных параметров основана на агрегированных оценках и архивных данных, а качественные эффекты управляемости, сопровождения и интеграции не монетизированы.

Таким образом, расчеты указывают на экономическую целесообразность внедрения веб-ориентированной информационной системы управления радиочастотным реестром в рассматриваемых условиях при принятых допущениях. При этом

главный вывод состоит не в универсальной выгоде цифровизации как таковой, а в том, что расчетный экономический эффект возникает при устранении конкретных повторяющихся операционных ограничений и должен оцениваться через прозрачную расчетную модель.

Заключение

В исследовании предложен и апробирован расчетный подход к оценке экономической эффективности внедрения веб-ориентированной информационной системы управления радиочастотным реестром. Методика объединяет сравнение текущей и целевой моделей выполнения операций, модель стандартных затрат, дисконтированный денежный поток, подход совокупной стоимости владения, расчет чистой приведенной стоимости, сценарный анализ, анализ чувствительности и имитационное моделирование методом Монте-Карло.

Полученные результаты показывают, что экономический эффект внедрения внутренней информационной системы формируется не за счет равномерного улучшения всех операций реестра, а за счет устранения отдельных повторяющихся операционных ограничений. В рассматриваемом случае основная часть измеримого эффекта связана с сокращением времени на печать документов, а дополнительный эффект обеспечивается восстановлением возможности создания похожих записей на основе копирования ранее внесенных данных.

В базовом сценарии пятилетняя чистая приведенная стоимость составляет 1 738 658 сом. В консервативном сценарии, учитывающем заменяющую стоимость внедрения, первоначальные затраты, ежегодные расходы на поддержку и снижение объема печатных операций на 20 %, показатель чистой приведенной стоимости остается положительным и составляет 1 350 847 сом. Имитационное моделирование также указывает на устойчивость результата при заданных допущениях: медианное значение чистой приведенной стоимости составляет 1 547 561 сом, а во всех 10 000 итерациях показатель остается положительным.

Практическая значимость исследования состоит в том, что предложенный подход может использоваться для предварительной экономической оценки внутренних информационных систем в условиях ограниченности исходных данных. Он позволяет обосновывать управленческие решения не общими утверждениями о пользе цифровизации, а прозрачной расчетной моделью, основанной на частоте операций, изменении трудозатрат, стоимости рабочего

времени, сценарных допущениях и анализе неопределенности.

Ограничения исследования связаны с использованием одного кейса, агрегированных операционных показателей и расчетных допущений до полного промышленного внедрения системы. Поэтому полученные результаты следует рассматривать как *ex ante* оценку ожидаемого экономического эффекта, а не как окончательное *ex post* измерение фактической эффективности. В дальнейшем целесообразно проверить расчетные параметры на основе эксплуатационной статистики после внедрения, уточнить фактический коэффициент реализации эффекта и расширить модель за счет оценки качественных результатов, связанных с управляемостью, надежностью сопровождения и интеграцией с другими информационными системами.

Список литературы

1. Сидоренко Э. Л., Барщ И. Н., Хисамова З. И. Эффективность цифрового государственного управления: теоретические и прикладные аспекты // Вопросы государственного и муниципального управления. 2019. № 2. С. 93–114. URL: <https://vgmu.hse.ru/article/view/25188> (дата обращения: 10.05.2026). DOI: 10.17323/1999-5431-2019-0-2-93-114.
2. Kraus P., Kappl J., Schlegel D. To invest or not to invest in digital initiatives? An exploratory examination of procedures, evaluation criteria and barriers // Digital Transformation and Society. 2024. Т. 3. № 4. С. 410–423. DOI: 10.1108/DTS-02-2024-0004.
3. Добролюбова Е. И., Южаков В. Н., Старостина А. Н. Цифровая трансформация государственного управления: оценка результативности и эффективности. М.: Дело, 2021. 234 с. URL: <https://www.iprbookshop.ru/119174.html> (дата обращения: 10.05.2026). ISBN 978-5-85006-305-4.
4. Кузнецова И. В. Методики оценки эффективности применения цифровых технологий в системе государственного управления // Новые технологии / New technologies. 2021. Т. 17. № 2. С. 93–100. URL: <https://newtechnology.mkgtu.ru/jour/article/view/482> (дата обращения: 10.05.2026). DOI: 10.47370/2072-0920-2021-17-2-93-100.
5. Михуля Д. Ю. Методические подходы к оценке цифровизации публичного управления и государственных услуг // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2024. № 2. С. 54–70. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metodicheskie-podhody-k-otsenke-tsifrovizatsii-publichnogo-upravleniya-i-gosudarstvennyh-uslug> (дата обращения: 10.05.2026). DOI: 10.17308/econ.2024.2/11829.
6. Torriti J. Standard Cost Model: Three Different Paths and their Common Problems // Journal of Contemporary European Research. 2012. Т. 8. № 1. С. 90–108. URL: <https://www.jcer.net/index.php/jcer/article/view/322> (дата обращения: 08.03.2026). DOI: 10.30950/jcer.v8i1.322.
7. HM Treasury. The Green Book: UK Government Guidance on Appraisal and Evaluation. London: HM Treasury, 2026. URL: <https://www.gov.uk/government/publications/the-green-book-appraisal-and-evaluation-in-central-government> (дата обращения: 08.03.2026). ISBN: 978-1-918417-12-8.
8. European Commission, Directorate-General for Regional and Urban Policy. Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects: Economic Appraisal Tool for Cohesion Policy 2014–2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2015. URL: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/120c6fcc-3841-4596-9256-4fd709c49ae4/language->

en (дата обращения: 08.03.2026). DOI: 10.2769/97516. ISBN 978-92-79-34796-2.

9. Saltelli A., Ratto M., Andres T., Campolongo F., Cariboni J., Gatelli D., Saisana M., Tarantola S. *Global sensitivity analysis: the primer*. Chichester, England ; Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2008. 292 с. ISBN 978-0-470-05997-5. DOI: 10.1002/9780470725184.

10. Kroese D. P., Taimre T., Botev Z. I. *Handbook of Monte Carlo Methods*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2011. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118014967> (дата обращения: 08.03.2026). DOI: 10.1002/9781118014967.

11. Isik L., Nilsson C., Magnusson J., Koutsikouri D. Benefits realization in digital transformation: the translation from policy to practice in health care // *Transforming Government: People, Process and Policy*. 2024. Т. 18. № 2. С. 303–317. URL: <https://doi.org/10.1108/TG-11-2023-0177> (дата обращения: 09.03.2026). DOI: 10.1108/TG-11-2023-0177.

12. Джикия А. А., Тихонович Э. А., Джикия М. Д. Цифровая трансформация государственного управления в Российской Федерации: задачи и проблемы и методы оценки эффективности // *Международный журнал гуманитарных*

и естественных наук. 2024. № 1–4 (88). С. 73–76. URL: <http://intjournal.ru/wp-content/uploads/2024/02/Dzhikiya.pdf> (дата обращения: 10.05.2026). DOI: 10.24412/2500-1000-2024-1-4-73-76.

13. Twizeyimana J. D., Andersson A. The public value of E-Government – A literature review // *Government Information Quarterly*. 2019. Т. 36. № 2. С. 167–178. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0740624X1730196X> (дата обращения: 10.05.2026). DOI: 10.1016/j.giq.2019.01.001.

14. Mensah I. K., Zeng G., Mwakapesa D. S. Understanding the drivers of the public value of e-government: Validation of a public value e-government adoption model // *Frontiers in Psychology*. 2022. Т. 13. С. 962615. URL: <https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2022.962615/full> (дата обращения: 10.05.2026). DOI: 10.3389/fpsyg.2022.962615.

15. Ciancarini P., Giancarlo R., Grimaudo G. Digital Transformation in the Public Administrations: A Guided Tour for Computer Scientists // *IEEE Access*. 2024. Т. 12. С. 22841–22865. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10423006> (дата обращения: 10.05.2026). DOI: 10.1109/ACCESS.2024.3363075.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.



РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ДЛЯ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ: СИСТЕМНЫЙ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ ПОДХОДЫ

Лукьянова М. Н. ORCID ID 0000-0003-2028-8542

*Общество с ограниченной ответственностью «Деловой учебный центр»,
Москва, Российская Федерация, e-mail: mn.lukiyanova@gmail.com*

В работе представлен комплексный анализ системы управления качеством на муниципальном уровне власти. На основе системного и организационного подходов разработана оригинальная модель управления качеством муниципального образования как открытой динамической системы, структурированная по принципу «входы – трансформация – выходы». Модель интегрирует стратегические ориентиры, внутренние процессы и измеримые результаты деятельности органов местного самоуправления. «Входы» – это стратегические планы и политики в области качества, инициируемые органами местного самоуправления. «Трансформация» – внутренние процессы, через которые эти планы реализуются. «Выходы» – измеримые результаты, представленные сбалансированной триадой показателей качества муниципального управления. Сформулированы фундаментальные принципы построения системы менеджмента качества, адаптирована концепция «триады качества» Дж. Джурана к специфике муниципального управления. Предложенный подход может быть использован как основа для разработки методики после эмпирической апробации методики оценки эффективности муниципального управления через интегральные показатели социальной удовлетворенности, экономической активности и финансовой мощности. Статья восполняет пробел в теоретико-методологическом обосновании управления качеством и предлагает практический инструментарий для внедрения систем менеджмента качества на муниципальном уровне. Направление дальнейших исследований заключается в критическом анализе нового российского стандарта по применению системы менеджмента качества в органах местного самоуправления для оценки его соответствия и дополнения предложенной модели.

Ключевые слова: управление, качество, муниципальное образование, система менеджмента качества

DEVELOPING A QUALITY MANAGEMENT SYSTEM FOR MUNICIPALITIES: A SYSTEMIC AND ORGANIZATIONAL APPROACH

Lukiyanova M. N. ORCID ID 0000-0003-2028-8542

*Business Training Center Limited Liability Company, Moscow, Russian Federation,
e-mail: mn.lukiyanova@gmail.com*

This article presents a comprehensive analysis of the quality management system at the municipal government level. Based on systemic and organizational approaches, an original model for quality management of a municipality as an open dynamic system has been developed, structured according to the “inputs – transformation – outputs” principle. The model integrates strategic guidelines, internal processes, and measurable results of local self-government bodies. “Inputs” are strategic plans and policies in the field of quality initiated by local self-government bodies. “Transformation” represents the internal processes through which these plans are implemented. “Outputs” are measurable results, presented as a balanced triad of municipal governance quality indicators. Fundamental principles for building a quality management system are formulated, and J. Juran’s “Quality Trilogy” concept is adapted to the specifics of municipal management. The proposed approach can be used as a basis for developing methods after empirical testing of methods for assessing the effectiveness of municipal governance through integrated indicators of social satisfaction, economic activity and financial capacity. The article fills a gap in the theoretical and methodological foundation of quality management and offers practical tools for implementing quality management systems at the municipal level. The direction for further research involves a critical analysis of the new Russian standard for the application of quality management systems in local self-government bodies to assess its conformity and potential for complementing the proposed model.

Keywords: management, quality, municipality, quality management system

Введение

Актуальность исследования обусловлена тем, что возрастают требования к качеству муниципального управления в условиях реформирования публичной власти и повышения ожиданий граждан относительно уровня предоставляемых услуг. Отсутствие единой методологической базы управления качеством на муниципальном уровне приводит к фрагментарности исследований

и ограничивает возможности практической реализации рекомендаций.

Анализ научных публикаций показал, что представленные работы не учитывали такие особенности, как самоорганизация, координация, синергетический эффект и системный и организационный подходы. В связи с этим предлагаем сформулировать научную проблему как «разработка системы менеджмента качества муниципального

образования», предложив модель ее построения, функционирования, оценки и совершенствования. **Цель исследования** – изложить новый взгляд на управление муниципальным образованием через методологию создания системы менеджмента качества. Основные положения исследования носят характер утверждений, к каждому из которых дается обоснование или пояснение. Приведем эти тезисы.

Управление качеством муниципально-го образования есть система. В узком понимании такие системы представляют собой структурные подразделения, например управления качества, создаваемые в органах местного самоуправления с целью повышения качества оказания муниципальных услуг. В широком понимании – это процесс, направленный на оценку и повышение эффективности и результативности деятельности органом местного самоуправления конкретного региона, с учетом его специфики.

Создание, внедрение (распространение), функционирование и улучшение (ликвидация) такой системы совершается помощью менеджмента как науки. Как следствие, применяются принципы и функции менеджмента, типология структур управления, методы мотивации, оценки и контроля деятельности.

Качество есть необходимое свойство системы управления муниципального образования. Поэтому необходимо рассматривать и применять теоретические знания и практический опыт управления качеством, включая ситуации для анализа, в органах местного самоуправления.

Муниципальные образования есть значимая единица государственного управления, включая сектор управления регионами. Это подтверждено исследованиями расселения населения Российской Федерации по территориям, на которых реализуется муниципальное управление и местное самоуправление. По этой причине становится возможным рассматривать муниципальное образование как объект исследования.

Муниципальное образование есть организация. Данные тезис позволяет использовать в работе теорию организации, включая принципы статики и динамики, принципы рационализации, а также различные организационные подходы, наряду с проектным, системным, стратегическим.

Материалы и методы исследования

Публикации по данной тематике обращаются к проблеме повышения качества на муниципальном уровне власти, оценивая проблему очень узко. Российские авторы

часто перенимают западный опыт, проводят изучение и адаптацию только зарубежных теорий, о чем свидетельствуют ссылки на гуру управления качеством. Например, в [1] рассмотрены «инструменты, методы и технологии» зарубежного исследователя Джозефа Джурана, которые внесли весомый вклад в совершенствование деловых операций. Отечественные исследователи применяют затратный подход, делая акцент на окупаемость расходов на повышение качества отечественной продукции (услуг) [2; 3]. Таким образом, они развивают взгляд на проблему качества как на оценку эффективности инвестиций, что актуально как для коммерческого, так и для бюджетного секторов российской экономики. Многие работы отражают отраслевую специфику. Так, финансовая сторона вопроса управления качеством рассмотрена в работе [4] на примере муниципального управления. Статья [5] изучает проблемы качества в нематериальном секторе экономики через анализ оказания услуг в области культуры. Примерами оценки качества в материальной сфере служит работа в таком виде деятельности промышленности, как продукция машиностроения [6]. Роль социологического аспекта в управлении качеством муниципального управления исследована в [7]. Наряду с указанным фактором статьи по изучаемой проблематике акцентируют внимание на проектном [8] и процессном подходах [9].

В публикациях за последние годы затрагиваются вопросы городской среды, что является актуальным с позиции качества жизни в муниципальном образовании [10; 11]. Другие авторы рассматривают проблему более широко, обращая внимание на качество муниципальных услуг [5], либо оценивают результат деятельности органов местного самоуправления [10]. Также часто применяется стратегический подход [12], для чего рассматривают проблему с позиции долгосрочного планирования. Множество других публикаций по вопросам качества, например [13; 14], в том числе на местном уровне власти, а также их противоречивость с позиции применяемой методологии, что доказано в [15], говорит о необходимости проведения дальнейших исследований. Выполненный анализ свидетельствует об отсутствии единой теоретико-методологической базы, классификации методов, моделей, механизмов и инструментов при решении задач повышения качества на местном уровне.

За последние три года наметилась тенденция к применению проектного подхода [16], к которому не ослабевает интерес на-

учного сообщества. Не снижается внимание и к социологическому взгляду [17]. Обсуждаются результаты внедрения СМК в государственное управление [18]. Происходит сдвиг научных концепций на качество городской среды как на практический аспект управления [10; 11]. Сохраняет актуальность отраслевой аспект, например качество предоставления услуг в области культуры.

Оценка внедрения системы управления качеством в местных и региональных организациях самоуправления в европейских странах проводится в [19] на базе корреляционно-регрессионного анализа при управлении качеством на государственном уровне. В [20] раскрыто два способа: оценка внедрения стандартов качества в муниципальных учреждениях и оценка качества управления на основе мнения жителей.

Предлагаемое исследование восполняет пробел в теоретическом обосновании и методическом обеспечении системы менеджмента качества муниципальных образований, предлагая комплексный подход, интегрирующий лучшие отечественные и зарубежные практики.

Статья направлена на решение фундаментальной научно-практической проблемы отсутствия целостной и адаптированной системы управления качеством на муниципальном уровне власти в России.

Более конкретно эта проблема раскрывается через следующие ключевые аспекты.

1) *Отсутствие единой теоретико-методологической базы.* Существующие исследования фрагментарны, рассматривают качество муниципального управления узко – только с социологической, финансовой, отраслевой или проектной точек зрения, не объединяя их в целостную систему.

2) *Неразработанность комплексной модели.* Нет адаптированной к специфике российского местного самоуправления модели, которая бы интегрировала стратегическое планирование, внутренние процессы и измеримые результаты, учитывая при этом муниципальное образование как открытую социально-экономическую систему.

3) *Недостаточность существующих подходов.* Распространенные подходы не учитывают такие системные свойства, как самоорганизация, синергетический эффект, координация, а также игнорируют противоречия между долгосрочными целями развития и краткосрочностью политических циклов.

4) *Проблема интеграции СМК в публичное управление.* Остается нерешенным вопрос, как эффективно встроить системы менеджмента качества (СМК), которые основаны на стандарте ГОСТ Р ИСО 9001-

2015 «Системы менеджмента качества. Требования» (изначально созданные для бизнеса), в деятельность органов местного самоуправления с их уникальными целями, ограничениями и общественной миссией.

Таким образом, проблема, на решение которой направлена статья, – это разрыв между теоретическими разработками в области управления качеством и практическими потребностями в эффективной, комплексной и методологически обоснованной системе управления качеством для муниципальных образований России.

Автор предлагает решение этой проблемы путем:

- разработки авторской *модели управления качеством* муниципального образования как открытой динамической системы;
- формулировки *фундаментальных постулатов и принципов* построения такой системы;
- *адаптации классической концепции «триады качества» Джурана* к муниципальной специфике;
- *критического анализа и учёта положений нового российского стандарта* по СМК для органов местного самоуправления.

Результаты исследования и их обсуждение

Исходя из перечисленных тезисов были предложены принципы менеджмента качества муниципального управления.

1) *Системный принцип.* Система есть совокупность взаимосвязанных элементов, образующих единое целое, активно взаимодействующих с внешней средой, что дает возможность ее изучения и анализа.

2) *Процессный принцип* означает наличие в муниципальном образовании этапов, алгоритмов, последовательных шагов управления качеством, выполняемых в определенной последовательности во времени и пространстве.

3) *Принцип совершенствования* направлен на постоянное улучшение качества организационных и иных характеристик муниципального образования (муниципального управления), их оценку во времени и пространстве, анализ динамики, влияния на социально-экономические показатели муниципального образования и деятельности муниципальных администраций.

4) *Принцип целостности* означает, с одной стороны, наличие определенных независимых, самоорганизующихся подсистем в регионе и государстве в целом, с другой – существует единство территории и законодательных норм, требований к качеству муниципального управления, уровня ожиданий граждан.

5) *Принцип организации* означает, что муниципальное образование может быть рассмотрено не только как структура, но и как динамический процесс, имеющий свои «входы» (ресурсы) и «выходы» (результаты), то есть как открытая система.

Исходя из изложенных выше принципов и постулатов, можно сделать вывод о содержании объекта и предмета исследования. *Объектом исследования* является муниципальное образование как социально-экономическая система. *Предметом исследования* является управление муниципальными образованиями как процесс всеобщего улучшения в терминах категории качества.

Управление качеством представляет собой синтез проверенных концепций и новых подходов, служит фундаментом для роста конкурентоспособности территорий. Согласно концепции Джозефа Джурана, менеджмент качества организаций предполагает непрерывное взаимодействие трех взаимосвязанных процессов – *планирования качества, контроля качества и улучшения качества*, т. н. триада качества [1; 21]. Сущность качества ученый определял через его соответствие (или ориентированность) запросам потребителя. С этой целью была разработана модель, предусматривающая постоянное изучение спроса на рынке сбыта и эксплуатационных показателей качества продукции. Именно оно обуславливает полную ориентацию на требования потребителя и рынок сбыта. Цикл управления качеством начинается и заканчивается обследованием рынка – т. н. спираль Дж. Джурана. Данная модель системы качества не только охватывает все этапы жизненного цикла продукции, но и отражает процесс непрерывного улучшения качества на каждом витке спирали.

Описанная триада свойств целого системы менеджмента качества предполагает получение и анализ результата, который нужно измерить. Полагая, что менеджмент качества – это открытая система, представим ее в виде трех больших модулей: «входы», «трансформация», «выходы». В качестве «входов» определим стратегии управления муниципальным образованием: операционная, инвестиционная, творческая (креативная), государственная (региональная). Общую стратегию определим как «близость к клиенту» в соответствии с концепцией качества по Джурану.

Внутренняя среда муниципального образования как организации будет представлена взаимосвязанными процессами. Для оценки потенциала улучшения был проведен сравнительный анализ стратегических документов, в ходе которого сопоставлялись стратегии социально-эко-

номического развития муниципалитетов и их стратегические планы, разработанные в рамках англосаксонской модели муниципального управления. В результате были выявлены некоторые несоответствия внутренней среды организации, которые были идентифицированы как процессы улучшения качества менеджмента муниципального образования. При исследовании применялся метод бенчмаркинга, предусматривающий анализ и сравнение процессов собственной организации с лучшими практиками. Этот метод сравнительного анализа направлен на выявление и адаптацию лучших практик в отрасли для улучшения собственной деятельности. Его можно рассматривать как процесс определения, понимания и внедрения успешных примеров работы других организаций. Полученные результаты необходимо рассматривать как экономические и социальные характеристики (под)системы муниципального управления, которые становятся явными в процессе стратегического планирования перспектив развития муниципального образования (муниципалитета). Вот эти факторы:

- вовлеченность (PE),
- публичная финансовая отчетность (PF),
- общественные работы и благотворительность (PW),
- публичные коммуникации (PC).

Результатом («выходами») системы улучшения качества менеджмента муниципального образования являются три ключевых показателя: социальная удовлетворенность (SI), экономическая активность (EA) и финансовая мощность (TC) объекта исследования.

Разработанная модель переводит систему муниципального управления на новый (целевой) уровень развития качества от состояния R в состояние R' , что описывается в аналитической форме $R' = F(SI, EA, TC)$. Получение нового уровня качества муниципального управления основано на следующих тезисах. Во-первых, модель создает измеримый целевой ориентир, которого не было в состоянии R . Во-вторых, модель раскрывает «черный ящик» управления через факторы «4P». В-третьих, модель обеспечивает обратные связи и итеративное улучшение, модель можно представить в виде логической схемы, включающей стрелки как элементы системных прямых и обратных связей. Это ключевой аргумент в пользу перехода на новый уровень качества. В-четвертых, модель позволяет проводить бенчмаркинг и стандартизацию. Переход из состояния R в состояние $R' = F(SI, EA, TC)$ представляет собой переход на новый уровень качества муниципального управления по причинам, указанным в таблице 1.

Таблица 1

Причины перехода на новый уровень качества муниципального управления

Критерий перехода на новый уровень качества	Реализация в модели R'
1. Появление нового, более сложного критерия эффективности	Вместо формальных отчетов – доверие (Т) как интегральный показатель
2. Структурирование управляемых параметров	Выделены четыре фактора 4Р (РЕ, РW, РF, РС)
3. Возможность аналитического прогнозирования	Т выражена как функция от 4Р (линейная или степенная)
4. Наличие обратных связей	Логическая схема содержит стрелки обратных связей
5. Возможность бенчмаркинга и стандартизации	Введена шкала 0-100 баллов с привязкой к «идеальному» МО
6. Экспертная верификация	Коэффициенты модели оценены экспертным способом с проверкой согласованности

Источник: составлено автором.

Модель можно представить в виде логической схемы, включающей стрелки как элементы системных прямых и обратных связей, а можно аналитически, составив ряд уравнений. Для этих целей в модель введен элемент «доверие» (Т), как критерий эффективности региональной политики. Тогда $T=F(PE, PW, PF, PC)$. Значение внутренних параметром уравнения (*коэффициенты модели*) оценивалось экспертным методом. Для оценки *согласованности* мнений экспертов использовалась комбинация статистических методов и метода экспертных оценок. Относительно приведённого уравнения можно сказать следующее. При задании фиксированных значений трех факторов можно выразить значение Т в виде линейной или степенной функции, например:

$$T=a \times PE+b \text{ или } T= a \times e^{PE}.$$

Значения остальных критериев можно задать в долях единицы или процентах от 100 баллов, где максимальная оценка выставляется муниципальному образованию с идеальными (стандартизированными) характеристиками. Например, для РF это будет соответствовать наличию контрольно-счетного органа на территории, оцененному в 1 балл, либо его отсутствие – 0 баллов.

Гипотезы о взаимосвязи (влиянии) параметров модели проверялись путем расчета степени согласованности экспертов и оценивалась как средний балл (математическое ожидание) и среднее квадратическое отклонение (коэффициент вариации) по каждому варианту взаимосвязей. Оценки давались группой экспертов по шкале от 0 (взаимосвязь отсутствует) до 4 (сильная взаимосвязь). Этот же показатель вы-

ступает мерой риска при принятии решений: низкая согласованность внутренних элементов модели СМК повышает вероятность отклонения от планов качества и стратегических задач на этапе их реализации. Для оценки влияния «входных» стратегий на элементы системы в рамках модели качества был применен логический (качественный) анализ, а не количественные опросные методики.

Заключение

Таким образом, правомерно утверждать, что качество как научная категория находится в постоянном фокусе внимания исследователей. Наибольших успехов в разработке теории управления качеством для коммерческого сектора достигли зарубежные учёные. Отечественные авторы, в свою очередь, успешно сосредоточились на изучении отраслевой специфики и адаптации международных концепций к российским реалиям, в том числе на уровне местного самоуправления.

Ключевым интегральным показателем, описывающим эффективность системы, выступает доверие (Т). Оно формируется под влиянием четырёх ключевых факторов (4Р), характеризующих внутренние процессы: вовлечённость (Public Engagement), публичные работы (Public Works), финансы (Public Finance) и коммуникации (Public Communications). Таким образом, систему качества управления муниципальными образованиями можно формализовать в виде системы уравнений, где

$$T = F(PE, PW, PF, PC) \quad (1)$$

Приведем пример апробации модели на примере различных типов муниципальных образований (табл. 2).

Таблица 2

Типы муниципальных образований и показатели модели

Показатели модели из системы уравнений (1)	Муниципальное образование (тип)		
	А. Городской округ «Город N» (крупный промышленный центр, 500 тыс. жителей)	Б. Муниципальный район «Y» (сельская территория, 35 тыс. жителей, 12 поселений)	В. Сельское поселение «Z» (удалённое, 1,5 тыс. жителей)
Вовлечённость (Public Engagement – PE)	0,7	0,7	0,5
Публичные работы (Public Works – PW)	0,9	0,6	0,6
Финансы (Public Finance – PF)	0,8	0,6	0,5
Коммуникации (Public Communications – PC)	0,8	0,9	0,6
Интегральный показатель – Доверие (Т) (прогнозный результат)	0,8	0,7	0,55

Источник: составлено автором.

Значения в ячейках таблицы определяются экспертным методом, причем приближенными значениями являются доли выполнения плана по выбранному показателю. Интегральный показатель рассчитывается по формуле математического ожидания, при равных весах (коэффициентах) – как среднее арифметическое от четырех параметров, входящих в модель.

А. Городской округ «Город N»
(крупный промышленный центр, 500 тыс. жителей)

1. Доля граждан, участвующих в инициативном бюджетировании (проект «Решаем вместе»): 5% от числа проголосовавших; регулярные опросы о качестве благоустройства (2 раза в год).

2. Выполнение гарантийного ремонта дворов (не менее 95% от запланированного); доля отремонтированных дорог местного значения – 85%; ликвидация несанкционированных свалок – 90%.

3. Прозрачность бюджета (публикация в ГИС «Электронный бюджет»): 100% контрактов; сокращение просроченной кредиторской задолженности – на 15% за год.

4. Работа ЦУР (Центра управления регионом): время ответа на обращение в соцсетях – 2 часа; долгосрочная стратегия в СМИ («Бюджет для граждан»).

5. Высокий уровень (0,8). Жители видят результат налогов и готовы участвовать в расходах.

Б. Муниципальный район «Y»
(сельская территория, 35 тыс. жителей, 12 поселений)

1. Доля ТОС (территориальных общественных самоуправлений), получивших гранты на развитие: 70% от активных; проведение сельских сходов (не менее 2 раз в год в каждом поселении).

2. Доля отремонтированных объектов водоснабжения (скважины/колодки) – 60% от нуждающихся; автодороги к школам и ФАПам – 80% в нормативе.

3. Погашение долгов по ЖКХ бюджетными учреждениями (школы, ДК) – 100%; система стимулирования глав поселений по сбору местных налогов (снижение недоимки на 10%).

4. Муниципальная газета и группа в WhatsApp/Telegram для каждого поселения; «Школа грамотного потребителя» (разъяснение тарифов ЖКХ).

5. Средний, с тенденцией к росту (0,7). Доверие растёт там, где решены базовые проблемы (вода/свет), но есть сомнение по поводу качества дорог.

В. Сельское поселение «Z»
(удалённое, 1,5 тыс. жителей)

1. Регулярные отчёты главы перед жителями (1 раз в квартал) в форме «вопрос – ответ»; наличие «народного бюджета» (контроль жителей за ремонтом клуба или ФАПа).

2. Обустройство общественного колодца (пилотный проект за счёт экономии); грейдерование грунтовых дорог (ежемесячно в летний период); вывоз ТБО (охват населения – 95%).

3. Полная отмена нецелевых расходов; ежегодный публичный отчёт о каждой тысяче рублей, потраченной на ремонт и бла-

гоустройство (неформальные каналы передачи информации, доска объявлений).

4. Доска почёта в центре села с отчётом о выполненном; выступления главы в местном чате (WhatsApp, МАХ) в удобное для аудитории время для экстренных вопросов (свет, вода).

5. Умеренный (0,55). Доверие персонафицировано (лично к главе). Высокая чувствительность к малым несоответствиям (задержка информации).

Поясним некоторые аспекты таблицы. Модель $T = F(PE, PW, PF, PC)$ позволяет оценить качество управления не по формальным отчётам, а по реальному уровню доверия. В примерах выше:

- *PE* (Вовлечённость) – показывает, даёт ли муниципалитет людям реальный инструмент влияния (опросы, ТОС, инициативное бюджетирование).

- *PW* (Публичные работы) – отражает не сам факт траты денег, а видимый результат (дороги, свалки, вода).

- *PF* (Финансы) – ключевой фактор для доверия: прозрачность и контроль за долгами/нецелевыми тратами.

- *PC* (Коммуникации) – скорость и честность ответа, доступность информации (включая соцсети и мессенджеры).

Каждый из трёх типов МО требует разного «веса» факторов. Например, для сельского поселения критичны *PW* (дороги/вода) и *PC* (личный контакт), а для городского округа – *PF* (прозрачность больших бюджетов) и *PE* (краудсорсинг проектов).

Направление дальнейших исследований заключается в критическом анализе нового российского стандарта (национальный стандарт Российской Федерации ГОСТ Р ИСО 18091-2024 «Системы менеджмента качества. Руководящие указания по применению ИСО 9001 в органах местного самоуправления») по применению СМК в органах местного самоуправления для оценки его соответствия и дополнения предложенной модели.

Список литературы

1. Глашкіна В. С., Максимова Е. С. Доктор Джозеф Джуран // Форум молодых ученых. 2022. № 4 (68). С. 59-61. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/doktor-dzhozef-dzhuran> (дата обращения: 04.05.2026).
2. Дмитриев Д. В. Модели затрат на качество А. Фейгенбаума, Дж. Джурана, Ф. Кросби в концепции развития экономики качества // Экономика и управление. 2024. № 30 (4). С. 469-474. DOI: 10.35854/1998-1627-2024-4-469-474.
3. Лушчик А. И., Разинкова А. А., Кузнецова А. А. Классификация затрат на качество в России и за рубежом // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2018. № 14. С. 598-600. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-zatrat-na-kachestvo-v-rossii-i-za-rubezhom> (дата обращения: 04.05.2026).
4. Тумунбаярова Ж. Б., Бочкарева И. В., Деревцова Е. А. Совершенствование методики оценки качества управления муниципальными финансами // Вестник ЗабГУ. 2020. Т. 26. № 9. С. 121-131. DOI: 10.21209/2227-9245-2020-26-9-121-131. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovershenstvovanie-metodiki-otsenki-kachestva-upravleniya-munitsipalnymi-finansami> (дата обращения: 04.05.2026).
5. Хаирова С. М., Хаиров Б. Г., Сивицкая Д. М., Паравян М. К., Карымов Н. Р. Анализ методов управления качеством и разработка методики оценки качества оказания государственных (муниципальных) услуг в области культуры // Экономика, предпринимательство и право. 2025. Т. 15. № 3. С. 1345-1362. DOI: 10.18334/epp.15.3.122529.
6. Новикова Т. А., Ляпунова Е. В. Эволюция подходов к управлению качеством продукции машиностроения // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 2. С. 571-575. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/evolyutsiya-podhodov-k-upravleniyu-kachestvom-produtsii-mashinostroeniya> (дата обращения: 01.06.2026). DOI: 10.24412/2071-6168-2024-2-571-572.
7. Накипов А. М. Качество муниципального управления: социологический аспект // Омский научный вестник. 2007. № 1 (51). С. 40-43. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/kachestvo-munitsipalnogo-upravleniya-sotsiologicheskiiy-aspekt> (дата обращения: 04.05.2026).
8. Данакин Н. С., Боженков С. А. Социальная эффективность управления муниципальными проектами // Общество: социология, психология, педагогика. 2021. № 5 (85). С. 15-19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sotsialnaya-effektivnost-upravleniya-munitsipalnymi-proektami> (дата обращения: 04.05.2026).
9. Шубина Л. Д. Система менеджмента качества // Наука и образование сегодня. 2019. № 1 (36). С. 38-40. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-menedzhmenta-kachestva-4> (дата обращения: 04.05.2026).
10. Букалова С. В., Модникова Т. Н., Корнейчев А. Ю. Индексный подход к оценке качества городской среды как инструмент повышения эффективности муниципального управления. Право и политика. 2023. № 12. С. 86-95. DOI: 10.7256/2454-0706.2023.12.44098.
11. Янкина И. А., Рачипа А. В. Проблемы повышения качества городской среды (на примере г. Таганрога) // Вестник ТИУиЭ. 2024. № 3 (43). С. 38-45. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-povysheniya-kachestva-gorodskoy-sredy-na-primere-g-taganroga> (дата обращения: 04.05.2026).
12. Гайдук Е. А. Повышение качества стратегического управления муниципальным образованием // Мир экономики и управления. 2011. № 2. С. 129-138. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/povyshenie-kachestva-strategicheskogo-upravleniya-munitsipalnym-obrazovaniem> (дата обращения: 04.05.2026).
13. Пак Х. С. Методические подходы к оценке качества государственного и муниципального управления // Экономика и управление. 2009. № 3/6 (44). С. 64-67.
14. Пясецкая Е. Н., Бескоровая О. В. Развитие механизмов качества муниципального управления // Политика, экономика и инновации. 2021. № 3 (38). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-mehanizmov-kachestva-munitsipalnogo-upravleniya> (дата обращения: 04.05.2026).
15. Филатова Т. В., Добриня Л. П. Формирование механизма обеспечения качества муниципального управления // Science Time. 2014. № 6 (6). С. 177-182. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-mehanizma-obespecheniya-kachestva-munitsipalnogo-upravleniya-1> (дата обращения: 04.05.2026).
16. Нахушева М. С., Агакишиева А. Н. Проектное управление как инструмент повышения качества муниципальной

власти // А-фактор: научные исследования и разработки (гуманитарные науки). 2024. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/proektnoe-upravlenie-kak-instrument-povysheniya-kachestva-munitsipalnoy-vlasti> (дата обращения: 04.05.2026).

17. Маякова А. В. Модель социального управления качеством в системе государственного и муниципального управления // Регион: системы, экономика, управление 2023. № 3 (62). С. 102-108. DOI: 10.22394/1997-4469-2023-62-3-102-108.

18. Пак Х. С., Кулибанова В. В. Результаты внедрения системы менеджмента качества в государственное управление // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. Серия: Социальные науки. 2023. № 1 (69). С. 58-65. DOI: 10.52452/18115942_2023_1_58. URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-vnedreniya-](https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-vnedreniya-sistemy-menedzhmenta-kachestva-v-gosudarstvennoe-upravlenie)

[sistemy-menedzhmenta-kachestva-v-gosudarstvennoe-upravlenie](https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-vnedreniya-sistemy-menedzhmenta-kachestva-v-gosudarstvennoe-upravlenie) (дата обращения: 04.05.2026).

19. Bandlerová L., Schwarzová L., Palšová L., Jurčík R. Evaluation of Implementing the Quality Management System in Local and Regional Self-Government Organizations in Slovakia // TEM Journal. 2025. Vol. 14. № 3. P. 2611-2623. DOI: 10.18421/TEM143-63.

20. Gecikova I., Papcunova V., Belajova A. The quality measurement of management in local self-government in the Slovak Republic // Економічний часопис-XXI. 2014. № 9-10 (1). P. 38-41.

21. Dou Y. Back to Basics: Quality Trilogy 2.0: Revising Juran's improvement cycle // Quality Progress. 2020. Vol. 53. Is. 3. P. 64.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Финансирование: Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ВОДОРОДНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

Нарзуллаев К. С. ORCID ID 0000-0001-8356-9937

*Наманганский государственный технический университет, Наманган,
Республика Узбекистан, e-mail: narzullaev.komiljon@rambler.ru*

Настоящая статья посвящена возможностям формирования водородного направления энергетического сектора экономики Республики Узбекистан. Проанализированы основные факторы, стимулирующие развитие данного сектора энергетики: рост численности населения, обеспечение устойчивого развития экономики, декарбонизация экономики (выполнение обязательств Парижского соглашения от 2015 г.), переход промышленности к современным зеленым технологиям, широкое применение возобновляемых источников энергетических ресурсов. Систематизированы данные научных источников, осуществлен сравнительный и системный анализ. Изучена роль государства в формировании возобновляемой и водородной энергетики, а также правовая база для профильных научно-исследовательских центров. Предпринята попытка определить текущую роль водорода в энергетическом секторе в сочетании с солнечной, ветровой и ископаемой энергией. Проведен сравнительный анализ способов производства, энергетической эффективности и экологичности. Рассмотрены: зеленый, серый, синий, бирюзовый, желтый, розовый, красный, коричневый, черный, изумрудный, пурпурный и белый водород согласно цветовым кодировкам рассматриваемого источника. Исходя из условий недостаточности финансовых источников, доступа к современным технологиям и соответствующего научно-технического потенциала, исследованы перспективные направления реализации водородных технологий в стране, в числе которых повторное использование выработанных природных залежей угля, нефти и газа; реализация водородных технологий в сочетании с атомной энергетикой. Выявлен ряд вопросов, которые влияют на перспективы развития этой отрасли, таких как доступ к современным технологиям, создание нормативно-правовой базы и безопасность. Отдельно отмечаются инновационные технологии и диверсифицированный подход в реализации водородной стратегии.

Ключевые слова: водород, энергетический сектор, декарбонизация, зеленые технологии, водородная энергетика, цветовая кодировка водорода, водородная стратегия

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF HYDROGEN ENERGY IN THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN

Narzullaev K. S. ORCID ID 0000-0001-8356-9937

*Namangan State Technical University, Namangan, Republic of Uzbekistan,
e-mail: narzullaev.komiljon@rambler.ru*

This article examines the potential for developing a hydrogen-based energy sector in the Republic of Uzbekistan. The key factors stimulating the sector's development are analyzed: population growth, sustainable economic development, decarbonization of the economy (fulfillment of the 2015 Paris Agreement), industrial transition to modern green technologies, and widespread use of renewable energy sources. Scientific data are systematized, and a comparative and systematic analysis is provided. The role of the state in developing renewable and hydrogen energy, as well as the legal framework for specialized research centers, was examined. An attempt was made to determine the current role of hydrogen in the energy sector in combination with solar, wind, and fossil energy. A comparative analysis of production methods, energy efficiency, and environmental friendliness was conducted. The following color codes are considered for the source under consideration: green, gray, blue, turquoise, yellow, pink, red, brown, black, emerald, purple, and white. Based on the conditions of insufficient financial resources, access to modern technologies, and the corresponding scientific and technical potential, promising areas for implementing hydrogen technologies in the country were explored, including the reuse of depleted natural deposits of coal, oil, and gas; and the implementation of hydrogen technologies in combination with nuclear energy. A number of issues impacting the industry's development prospects have been identified, including access to modern technologies, the creation of a regulatory framework, and safety. Innovative technologies and a diversified approach to implementing the hydrogen strategy are highlighted.

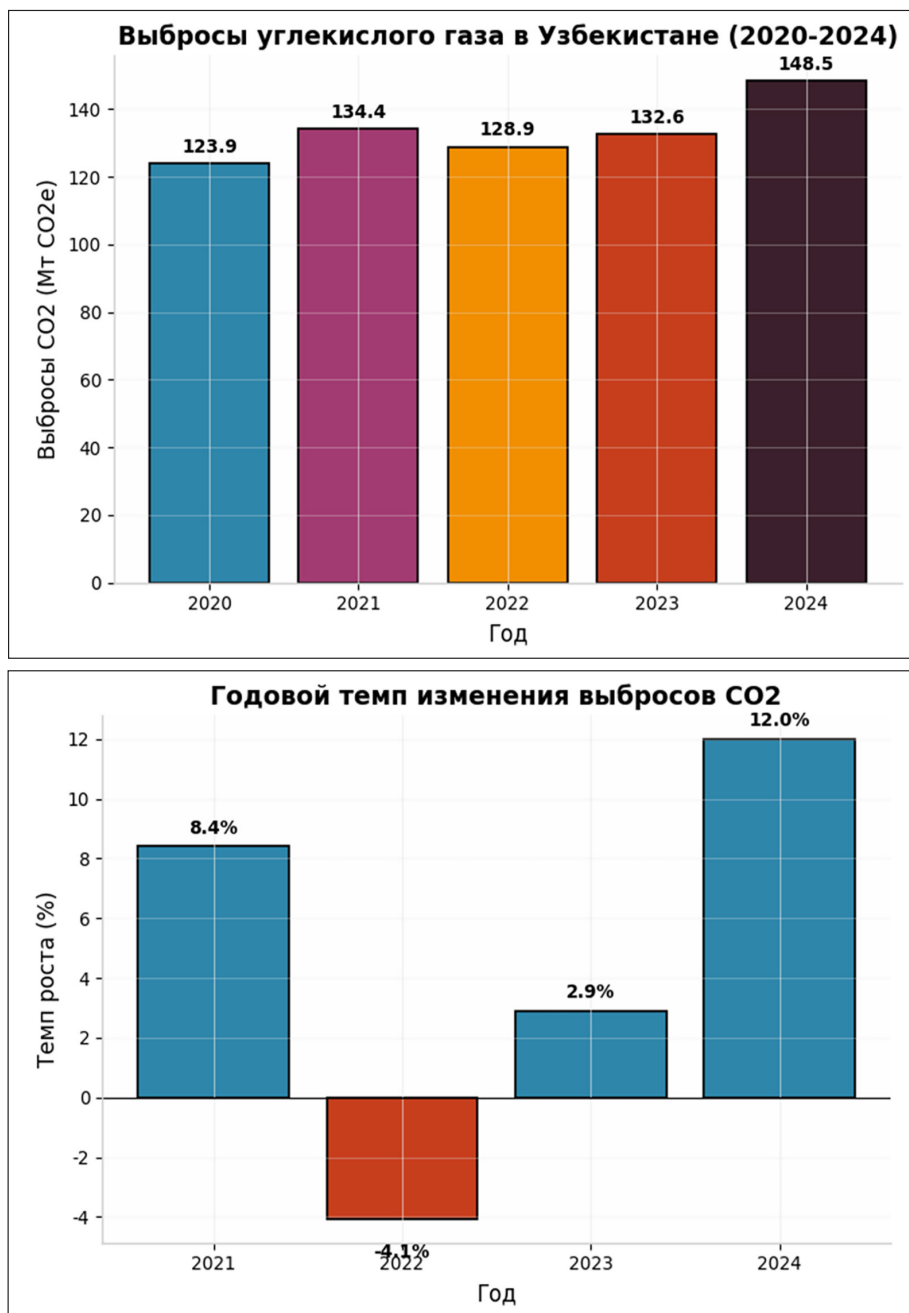
Keywords: hydrogen, energy sector, decarbonization, green technologies, hydrogen energy, hydrogen color coding, hydrogen strategy

Введение

В настоящее время в Республике Узбекистан наблюдается интенсивный рост численности населения. Страна является участником международных организаций и соглашений, деятельность которых направлена на декарбонизацию экономики и переход к современным зеленым технологиям, в том

числе широкое использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ).

Ежегодный объем выбросов углекислого газа в атмосферу превышает 33 Гт, а общий объем парниковых газов достигает порядка 42 млрд т [1, 2]. На рисунке показана динамика выбросов в атмосферу углекислого газа, а также изменения их годового темпа в Республике Узбекистан.



*Выбросы углекислого газа в атмосферу в Узбекистане
Примечание: составлен автором по результатам данного исследования*

Отмеченные выше вопросы находятся в повестке дня практически каждого государства. Они обрели статус актуальности в результате истощения месторождений углеводородов и могут привести к глобальной энергетической катастрофе [3, 4]. Экологические аспекты транспортной сферы также актуально присутствуют в данной повестке [5]. Наряду с этим, международные соглашения обязывают государства снизить эмиссию парниковых газов в атмосферу [6]. Здесь значительное место занимает обе-

спечение экономики страны современными технологиями. В условиях нехватки собственных финансовых ресурсов и научного потенциала инновации в технике и технологии превратились в основной фактор экономического прогресса государства [7]. Водородные технологии могли бы заполнить энергетические и технологические пробелы современного развития государства.

В связи с этим Республика Узбекистан предпринимает шаги по развитию ВИЭ, в числе которых особое место занимает

развитие водородных технологий. Поскольку водород имеет двойственный характер: как носитель энергии и ВИЭ, поскольку после сгорания превращается в водяной пар.

Цель исследования – анализ реальных перспектив создания водородного направления возобновляемых источников энергии, определение роли водородных технологий на современном этапе формирования энергетической инфраструктуры экономики государства.

Материалы и методы исследования

Методологическую основу данной работы составляет анализ научной литературы, опубликованных материалов открытого доступа, информационных бюллетеней исследовательских учреждений, статей ученых и материалов глобальной сети Интернет. В ходе исследования использованы методы: систематизация данных, сравнительный и системный анализ.

В дополнение к вышеизложенному в республике принято Постановление Президента Республики Узбекистан от 09 апреля 2021 г. № ПП-5063 «О мерах по развитию возобновляемой и водородной энергетики Республики Узбекистан» [8]. Документ предусматривает создание инфраструктуры водородной энергетики, повышения результативности научных и практических изысканий в сферах ВИЭ и водородной энергетики, широкое внедрение инновационных технологий в производство, а также переход страны к «зеленой экономике». Он также формирует правовую основу для создания Национального научно-исследовательского института возобновляемых источников энергии при Министерстве энергетики, Научно-исследовательского центра водородной энергетики и Лаборатории по испытанию и сертификации технологий возобновляемой и водородной энергетики, Межведомственной комиссии по развитию возобновляемой и водородной энергетики.

На современном этапе технологического и научно-технического прогресса водород является промежуточным энергоносителем, то есть на производство которого необходимо затратить энергию. Следовательно, при этом выделяется определенное количество углеродных соединений, влияющих на экологическое равновесие Земли. Тем самым устанавливается прямая зависимость получения экологически чистого углерода от технологического способа его получения. Наряду с этим водород обладает положительными характеристиками для хранения, передачи и последующего производства энергии.

Кроме того, водород может стать объединяющим и уравнивающим звеном энергетического комплекса государства и локальных изолированных энергосистем [9].

Данное условие будет иметь наибольший эффект, когда с существующим традиционным энергетическим комплексом сочетается инфраструктура ВИЭ. Тогда возникнет необходимость передачи энергии, производимой в одном месте к месту потребления.

В зависимости от способа производства водорода ему присваивается определенная цветовая кодировка, которая условно отражает экологичность его производства. Некоторые страны на фоне происходящих процессов политической декарбонизации могут отказаться от потребления водорода определенного «цвета» либо ограничивать его посредством выстраивания барьеров [10].

Результаты исследования и их обсуждение

С учетом мирового опыта в Республике Узбекистан ведется работа по созданию водородной инфраструктуры страны.

Необходимо отметить, что в стране параллельно создаются солнечные, ветровые ВИЭ и атомные энергетические станции. К началу 2026 г. в стране насчитывалось 15 солнечных энергетических станций мощностью 5,5 ГВт. В Навоийской, Самаркандской и Джизакской областях реализованы масштабные проекты с участием компаний «Total Eren» и «ACWA Power» [11]. Наряду с этим активно развивается ветровая энергетика: работают 5 станций, запланировано строительство ВЭС преимущественно в регионах с высоким потенциалом ветровой энергии – в Республике Каракалпакстан и Навоийской областях. К настоящему времени совокупная выработка солнечных и ветровых станций достигла 4,9 млрд кВт·ч.

Более того, агентство «Узатом» совместно с российской корпорацией «Росатом» подписали соглашение о строительстве в Джизакской области АЭС мощностью 110 МВт [12]. Годовая выработка электроэнергии после полного запуска должна достичь 16–17 млрд кВт·ч, а доля в энергобалансе Узбекистана – 12–15 %. Расчетный срок эксплуатации составляет 60 лет [13].

Роль водорода в энергетической инфраструктуре страны может иметь реальные перспективы. Здесь необходимо учесть, каким способом он получен, его экономическую эффективность и насколько он соответствует экологическим требованиям. В этой связи в водородных стратегиях стран мира применяются разные цветовые коды.

Зеленый водород – эта технология считается самой экологичной. H_2 получается от ВИЭ (солнечные, ветровые, гидроэлектростанции и АЭС) без образования парниковых газов. Здесь следует отметить, что атомная энергетика в плане «экологичности» стоит в повестке дня многих стран.

Серый водород – данный вид водорода получается путем переработки смеси CH_4 и H_2O . Эта смесь подвергается паровой конверсии, в процессе которой образуется CO . Отрицательной стороной данного метода является вопрос его экологичности, а положительной – экономическая целесообразность.

Синий водород (также называется голубой водород) – получается как и серый водород, однако образовавшийся углекислый газ улавливается и складируется. Выбросы в атмосферу минимальны. Отрицательной стороной выступают технологии улавливания вредных выбросов и дополнительные финансовые затраты.

Бирюзовый водород – получается при применении смешанных типов, между серым, синим и зелеными видами цветовой кодировки. Данный метод осуществляется путем пиролиза метана, то есть CH_4 адиабатно нагревается до высоких температур и получается газ и углерод в твердом виде. Углерод используется в промышленности и имеет устойчивый спрос. Например, из него можно производить углеродные волокна и несколько полезных продуктов одновременно. А по критерию экологичности соответствует «экологичным» цветовым кодировкам.

Желтый водород – здесь также применяется метод электролиза с использованием атомной энергетики. Подобная технология исключает образование углерода. Однако тут возникают проблемы переработки, утилизации и хранения – проблема создания «хвостохранилищ» ядерных отходов [14].

Розовый водород – получается как «желтый водород», но непосредственно на атомных энергостанциях.

Красный водород – при получении используются химические реакции и катализаторы при высокой температуре.

Коричневый водород – извлекается путем газификации бурого угля, то есть превращением угля в водородосодержащий газ в результате его окисления при высокой температуре. Однако из-за того, что в процессе образуется ощутимое количество углекислого газа, способ считается неэкологичным.

Черный водород – получается как коричневый водород, но из черного угля.

Изумрудный водород – считается новым направлением в водородных технологиях, поскольку его получают из биологических отходов и CH_4 с помощью термоплазменного электролиза воды, электричества и плазмы. В настоящее время находится на стадии разработок и тестов.

Пурпурный водород – предполагается практическая реализация данного метода, когда широкое распространение получат

термоядерные энергетические установки. Здесь вода диссоциируется на H_2 и O_2 за счет ядерной энергии.

Белый водород – это запасы природного водорода в недрах. Предполагается, что глубоко под землей имеются значительные запасы белого водорода [15]. Но остается проблема обнаружения и выработки с существующими технологиями.

В условиях ограниченности финансовых ресурсов, современных технологий и надлежащего научно-технического потенциала считается целесообразным эффективное использование имеющихся в наличии ресурсов, а также прагматичный подход в реализации зарубежных технологий, которые не требовали бы дополнительных денежных и технических средств.

В отношении применения водородных технологий к солнечным и ветровым ВИЭ их можно применять в качестве «аккумулятора энергии», получаемой через электролиз воды и превращаемой обратно в электричество посредством топливных элементов. Тут достигается высокая энергоемкость при малом весе и экологичность, обеспечивается полное соответствие экологическим требованиям Парижского соглашения 2015 г., достигается уровень «нулевых выбросов» в атмосферу и создаются условия для накопления избыточной энергии.

Республика Узбекистан богата невозобновляемыми природными источниками энергии и сырья, запасы которых ограничены и исчерпаемы. В их числе уголь, нефть, природный и сопутствующие газы, ядерное топливо. По сравнению с нетрадиционными ВИЭ они отличаются высокой энергоэффективностью и наличием готовой инфраструктуры, однако оказывают значительное пагубное влияние на биосферу Земли. Уместность применения водородных технологий в данной области энергетики уникальна тем, что истощенные, выработанные или же неперспективные месторождения могли бы повторно использоваться, оправдав при этом такие критерии оценки, как экономическая эффективность, соответствие обязательствам страны Парижскому соглашению от 2015 г., переход к низкоуглеродной экономике, доступ к современным технологиям, создание действенной альтернативы традиционным энергетическим ресурсам.

Следует отметить, что имеет место проблема сезонности и неконтролируемая выработка энергии в пиковые сезоны. Также нужно подчеркнуть, что не каждая технология, направленная на декарбонизацию, является полностью приемлемой и безопасной. Постоянно возникают барьеры и неопределенности, связанные с технической сложностью, стоимостью, пригодностью для страны.

На этом фоне реализация атомной энергетики в Узбекистане может стать серьезным фактором в перспективе реализации водородных технологий. Например, в странах ЕС водородное направление АЭС признается низкоуглеродным источником энергии. Поэтому, если рассматривать разветвление атомных энергетических станций в Узбекистане с учетом производства водорода, получится почти идеальный способ достижения их энергетической эффективности. Здесь роль водорода повысится в несколько раз. Создадутся условия для максимального использования полученной энергии от АЭС, хранения и передачи избыточной энергии.

Заслуживает внимания то, что в настоящее время госкорпорация «Росатом» активно ведет работы по созданию технологий производства водорода методом электролиза, созданию атомной энерготехнологической станции с химико-технологической частью для крупнотоннажного производства водорода для нужд промышленности, созданию инфраструктуры хранения и транспортировки водорода, а также системные исследования вопросов пожаро- и взрывобезопасности при производстве и потреблении водорода.

Заключение

Таким образом, в вопросе энергетического использования водорода имеется ряд требующих решения проблем: освоение самых передовых технологий, создание нормативно-правовой базы и безопасность. При этом нужно иметь в виду, что экономическая система страны нуждается в эффективных энергетических источниках, не уступающих ставшим традиционными ресурсам. Целесообразным считается применение инновационной технологической системы, диверсификация энергетической системы в сочетании с ВИЭ, реализация использования водородного топлива в транспорте. Успешная реализация энергетических проектов позволит Республике Узбекистан занять определенный сегмент энергетического и технологического рынка в мире.

Список литературы

1. Нарзуллаев К. С. Значение Киотского протокола в энергетике // Материалы международной научно-практической конференции на тему «Фундаментальные и практические проблемы зеленой энергетики, современной физики и электроники». Наманганский государственный технический университет (г. Наманган, 13–14 марта 2026 г.). [Элек-

тронный ресурс]. URL: <https://namdtu.uz/ru/scientific-and-technical-events> (дата обращения: 30.05.2026).

2. Ambient (outdoor) air pollution // WHO. [Электронный ресурс]. URL: [https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health) (дата обращения: 29.03.2026).

3. Нарзуллаев К. С., Шотмонов Д. С., Насриддинов А. Ш. Современные методы получения нефти из битуминозного песка // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 7–1. С. 23–27. URL: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=9749> (дата обращения: 16.04.2026).

4. Фазельянов Э. М. Глобальная энергетическая безопасность // Восточная аналитика. 2020. № 1. С. 110–124. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/globalnaya-energeticheskaya-bezopasnost-3> (дата обращения: 30.03.2026).

5. Нарзуллаев К. С. Практический SWOT-анализ в учебном процессе // Международный журнал экспериментального образования. 2022. № 5. С. 50–54. URL: <https://expeducation.ru/ru/article/view?id=12096> (дата обращения: 16.04.2026).

6. Нарзуллаев К. С. Современное состояние водородной энергетики // Наука, техника и образование. 2026. № 1 (101). С. 9–15. URL: <https://3minut.ru/images/PDF/2026/101/NTO-1-101-.pdf> (дата обращения: 28.03.2026).

7. Нарзуллаев К. С. Инвестиции в сфере строительства // Научное обозрение. Экономические науки. 2023. № 1. С. 16–20. URL: <https://science-economy.ru/ru/article/view?id=1115> (дата обращения: 16.04.2026). DOI: 10.17513/sres.1115.

8. Постановление Президента Республики Узбекистан от 09 апреля 2021 г. № ПП-5063 «О мерах по развитию возобновляемой и водородной энергетики Республики Узбекистан» // Собрание законодательства РУЗ. [Электронный ресурс]. URL: <https://lex.uz/ru/docs/5362035> (дата обращения: 30.03.2026).

9. Попадьюк Н. В., Рожнятовский Г. И., Дауди Д. И. Водородная энергетика и мировой энергопереход // Инновации и инвестиции. 2021. № 4. С. 59–64. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vodorodnaya-energetika-i-mirovoy-energoperedhod> (дата обращения: 30.03.2026).

10. Кулагин В. А., Грушевенко Д. А. Водородная энергетика: за и против // Экология, энергетика, энергосбережение: бюллетень / под ред. акад. РАН А. В. Клименко. М.: ПАО «Мосэнерго», 2023. Вып. 2. 36 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://mosenergo-gazprom.ru/d/textpage/45/837/06-vodorod.pdf> (дата обращения: 21.05.2026). ISBN 978-5-383-01681-7.

11. Введены в строй крупные мощности и дан старт строительству ряда новых объектов энергетики в Узбекистане // Официальный web-сайт Президента Республики Узбекистан. [Электронный ресурс]. URL: <https://president.uz/ru/lists/view/8744> (дата обращения: 28.03.2026).

12. На площадке АЭС в Джизаке оформлено долгосрочное сотрудничество с «Росатомом». [Электронный ресурс]. URL: <https://caravan-info.uz/ekonomika/353655-na-ploschadke-aes-v-dzhizake-iformleno-dolgosrochnoe-sotrudnichestvo-s-rosatomom.html> (дата обращения: 28.03.2026).

13. Начало строительства АЭС в Узбекистане могут перенести на конец 2026 года. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gazeta.uz/ru/2026/01/26/npp/> (дата обращения: 28.03.2026).

14. Бердибаева А. Б., Быковченко Ю. Г., Жунушов А. Т., Тухватшир Р. Р. Воздействие урановых хвостохранилищ на биосферные объекты в Кыргызстане // Медицина Кыргызстана. 2014. № 2. С. 132–134. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-uranovyh-hvostokhranilisch-na-biosfernye-obekty-v-kyrgyzstane> (дата обращения: 30.03.2026).

15. Ученые ищут способы добычи водорода из недр Земли. [Электронный ресурс]. URL: <https://science.mail.ru/news/45393-dobycha-vodoroda-iz-nedr-zemli> (дата обращения: 30.03.2026).

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The author declares that there is no conflict of interest.

Финансирование: Автор заявляет об отсутствии внешнего финансирования.

Financing: The research was performed without external funding.