

УДК 004.9:69.003.13
DOI 10.17513/snt.40391

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ В СТРОИТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ: МЕТОДОЛОГИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ ВНЕДРЕНИЯ

Масягина Н.И., Зорина О.А., Харламов Д.А.

ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технический университет имени В.Г. Шухова»,
Губкинский филиал, Губкин, e-mail: natali_masyagina@mail.ru

В статье изучаются теоретические и практические аспекты цифровизации процессов управления в строительных компаниях. Основное внимание уделяется разработке методологии и инструментов внедрения цифровых технологий в систему управления строительными проектами. Цель исследования – создание цифровой системы управления в строительстве для стабильности проектов и оптимизации процессов с использованием проверенных методов анализа и оценки проблем. В работе представлены результаты разработки концептуальных основ цифровизации управления строительными проектами, включая усовершенствованную методику классификации рисков и оригинальную модель комплексной оценки. Особое внимание уделяется созданию информационной системы на основе пространственных данных, необходимой на всех этапах строительства. Практическая значимость исследования заключается в разработке комплекса организационно-экономических механизмов внедрения цифровых технологий, адаптированных к специфике строительных проектов. Предложенные инструменты позволяют оптимизировать взаимодействие между участниками процесса, обеспечить регулярный мониторинг и координацию работ. Эффективность предложенной модели цифровизации управления показана на примере строительных проектов Белгородской области, где особое внимание уделяется безопасности производства работ и качеству взаимодействия между участниками строительного процесса. Результаты исследования могут быть использованы при разработке стратегий цифровизации строительных компаний и совершенствовании систем управления строительными проектами.

Ключевые слова: управление в организационных системах, системный подход, определение проблемных аспектов, принятие решений, пространственные данные, системы цифровизации

DIGITALIZATION OF MANAGEMENT PROCESSES IN CONSTRUCTION ORGANIZATIONS: METHODOLOGY AND IMPLEMENTATION TOOLS

Masyagina N.I., Zorina O.A., Kharlamov D.A.

Gubkin branch of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
Gubkin, e-mail: natali_masyagina@mail.ru

The article examines the theoretical and practical aspects of digitalization of management processes in construction companies. The main focus is on the development of methodology and tools for the implementation of digital technologies in the construction project management system. The purpose of the research is to create a digital management system in construction for project stability and process optimization using proven methods of problem analysis and assessment. The paper presents the results of the development of conceptual foundations for the digitalization of construction project management, including an improved risk classification methodology and an original integrated assessment model. Special attention is paid to the creation of an information system based on spatial data, which is necessary at all stages of construction. The practical significance of the research lies in the development of a set of organizational and economic mechanisms for the introduction of digital technologies adapted to the specifics of construction projects. The proposed tools make it possible to optimize the interaction between the participants in the process, ensure regular monitoring and coordination of work. The effectiveness of the proposed management digitalization model is shown by the example of construction projects in the Belgorod region, where special attention is paid to the safety of work and the quality of interaction between participants in the construction process. The research results can be used to develop digitalization strategies for construction companies and improve construction project management systems.

Keywords: management in organizational systems, a systematic approach, identification of problematic aspects, decision-making, spatial data, digitalization systems

Введение

Цифровизация управления строительными организациями предполагает системный подход и анализ проблемных аспектов, которые определяют принятие управленческих решений. Традиционно строительная отрасль характеризуется высокой степенью неопределенности, связанной со спецификой

среды на всех уровнях. Однако это приводит к превышению бюджетов и нарушению сроков реализации проектов, что негативно влияет на всех участников процесса [1].

«Данная отрасль традиционно характеризуется повышенным уровнем неопределенности, обусловленным спецификой окружающей среды на всех уровнях: от ло-

кального до глобального» [2]. К сожалению, строительный сектор не отличается высокой эффективностью в сфере оптимизации управления системами, о чем свидетельствует регулярное превышение бюджетов и нарушение сроков реализации проектов. Это негативно отражается на всех участниках строительного процесса: от заказчиков до общественности.

В связи с этим возникает острая необходимость в совершенствовании подходов к анализу и минимизации проблемных аспектов в строительстве. Для улучшения управления следует обратить внимание на следующие аспекты:

- приоритетность различных видов управления;
- применяемые методики управления;
- текущее состояние оптимизации управления в компаниях;
- основные препятствия для эффективного управления с точки зрения заинтересованных сторон [3].

Исследования показывают, что финансовые и экономические проблемные аспекты, а также вопросы качества имеют первостепенное значение для строительных организаций [4]. Отраслевые объекты чаще всего стремятся к их минимизации. Учитывая, что субъективная оценка играет существенную роль в их управлении, особое значение приобретают: существующие преграды на пути его внедрения, ожидаемые преимущества от применения. Хотя теоретические аспекты управления в строительстве проработаны достаточно глубоко, практический опыт требует дополнительных исследований особенностей оптимизации управления в контексте специфики Белгородской области.

Цифровизация процессов управления в строительных организациях основана на методологии системного подхода и инструментах внедрения, направленных на определение проблемных аспектов, принятие решений и использование пространственных данных.

Строительство традиционно характеризуется высоким уровнем неопределенности как на уровне отдельных проектов, так и в целом по направлению [5]. Проблемные аспекты связаны с потенциальными событиями, способными повлиять на достижение поставленных целей, и их последствия могут быть как позитивными, так и негативными. Управление направлено на оптимизацию проектного управления, минимизацию потерь и максимальное использование возможностей. В научной литературе широко освещены различные аспекты управления [6]. В контексте строительных проектов

типа «проектирование – строительство – передача» необходимо учитывать влияние операционной деятельности предприятия и организационной структуры на процессы управления. Анализ показал, что разногласия между заинтересованными сторонами остаются значимым аспектом, требующим особого внимания при планировании и реализации проектов.

Цель исследования – решить задачу разработки и обоснования комплексной методологии системного управления в строительной отрасли, которая обеспечит устойчивость проектной деятельности и оптимизирует процессы минимизации потенциальных потерь с помощью верифицированных методов анализа.

Задачи исследования:

1. Изучить существующие подходы к управлению в организационных системах и определить проблемные аспекты цифровизации строительной отрасли.

2. Разработать методологию системного управления, основанную на принципах устойчивого развития и минимизации проблемных аспектов цифровизации.

3. Создать инструментарий для анализа и оценки проблемных аспектов цифровизации процессов управления в строительных организациях.

4. Провести экспериментальную проверку разработанной методологии и инструментария на примере реальных строительных проектов.

5. Оценить эффективность предложенной методологии и инструментов внедрения систем цифровизации в управлении строительными организациями.

Материалы и методы исследования

В сфере управления строительными проектами существует разнообразие подходов и инструментов оценки проблем. В данном исследовании основное внимание уделяется выявлению ключевых рисков факторов и анализу применяемых методов в Белгородской области. Экспертный опросный метод служит методологической основой исследования.

Разработанная модель цифровизации представляет собой универсальный инструмент для анализа проектов различной сложности и может быть применена в других территориальных образованиях со схожими характеристиками строительной отрасли [7]. В рамках исследования был использован системный подход для определения проблемных аспектов управления в организационных системах строительной отрасли Белгородской области. Для этого был разработан опросный инструментарий, основан-

ный на анализе существующих исследований и консультациях с экспертами.

Анкетирование стало основным методом сбора эмпирических данных, позволяющим принимать обоснованные решения с учетом пространственных данных и возможностей цифровизации систем управления [8; 9].

Структура анкеты включает три основных раздела:

Первый раздел исследования включает анализ проблемных аспектов и их оценку участниками строительного процесса по пятибалльной шкале.

Второй раздел посвящен распределению ответственности за проблемные аспекты между участниками строительного процесса. Респондентам предлагается выбрать один из трех вариантов ответственности, включая консультационные услуги как часть ответственности заказчика:

- ответственность заказчика;
- ответственность подрядчика;
- совместная ответственность.

Третий раздел исследует методы управления проблемными аспектами, разделенные на превентивные и корректирующие меры. Эффективность каждого метода оценивается респондентами по шкале от 1 до 5, где 1 – минимальная эффективность, а 5 – максимальная.

Цифровизация процессов управления в строительных компаниях: методология и инструменты внедрения.

Системный подход используется для определения проблемных аспектов управления в организационных системах строительной отрасли. Простота и понятность формулировок анкеты обеспечивают корректное восприятие всеми категориями респондентов. Перед началом исследования инструмент был протестирован экспертами для гарантии правильного восприятия всеми категориями респондентов.

В ходе исследования применялась методика неслучайной выборки, обусловленная ограниченными ресурсами, сложностью идентификации участников конкретных строительных проектов и необходимостью выявления существующих проблем в отрасли.

Для сбора данных был выбран метод удобной выборки, основанный на доступности респондентов. В исследовании участвовали строительные объекты Белгородской области. Всего было разослано 150 анкет, из которых 86 были возвращены заполненными, что составило 57 %.

К участию в опросе были привлечены специалисты с инженерной подготовкой и экспертными знаниями в области управ-

ления строительными проектами. Такой подход обеспечил получение релевантных и качественных данных для дальнейшего анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

В строительной отрасли существует множество различных типов проблемных аспектов, каждый из которых может оказывать существенное влияние на сроки реализации проекта. Для данного исследования были отобраны 37 наиболее релевантных рисков, которые были включены в опросный инструмент после тщательного анализа существующих исследований и консультаций с опытными специалистами строительной отрасли Белгородской области.

Оценка значимости каждого аспекта проводилась с использованием пятибалльной шкалы Лайкерта, где 1 означал минимальную значимость, а 5 – максимальную. Респонденты выражали свое профессиональное восприятие важности каждого элемента для строительных проектов региона.

Обработка полученных данных включала несколько этапов [10]:

- суммирование баллов по каждому типу риска;
- расчет совокупного балла;
- вычисление процентного показателя значимости для каждого элемента.

Такой подход позволил получить количественную оценку значимости различных рисков для строительной отрасли Белгородской области:

$$RI_{\text{оценка значимости}} = \frac{\sum W_i}{A_i} \times 100 \%$$

Для расчета значимости рисков использовалась следующая система показателей:

Риск-индекс (РИ) – итоговый показатель значимости риска,

W_i – индивидуальная оценка, присвоенная i -м респондентом,

A_i – минимальный оценочный балл («0») и максимальный оценочный балл («5») по шкале оценки,

N – общее количество респондентов, принявших участие в исследовании (86 чел.).

Данная система позволила получить взвешенную оценку значимости рисков с учетом мнений всех участников опроса. Для оценки распределения ответственности была использована интуитивно понятная процентная система оценивания, широко применяемая в повседневной практике. Риски были ранжированы по убыванию их значимости.

Анализ полученных данных показал следующее распределение ответственности:

- ответственность заказчика: 8 элементов (более 50 % ответственности);
- ответственность подрядчика: 16 элементов (более 50 % ответственности);
- совместная ответственность: 8 элементов;
- неопределенная ответственность: 5 элементов (ни одна категория не набрала более 50 %).

При определении принадлежности риска к конкретной категории учитывался принцип мажоритарности – ответственность присваивалась той категории, доля которой составляла 50 % и более от общего числа оценок.

Управление организационными системами в строительной отрасли Белгородской

области представляет собой комплексный процесс минимизации, контроля и совместного использования рисков, а не их простой передачи. В современной практике выделяют [11] несколько ключевых стратегий:

- предотвращение рисков;
- принятие рисков;
- снижение последствий;
- комбинированные подходы.

В рамках исследования респондентам предлагалось оценить эффективность различных методов управления по пятибалльной шкале Лайкерта, где 1 означал минимальную результативность, а 5 – максимальную. Опросный инструментарий включал по шесть наиболее распространенных методов для каждой из двух основных категорий:

- превентивные меры;
- корректирующие действия.

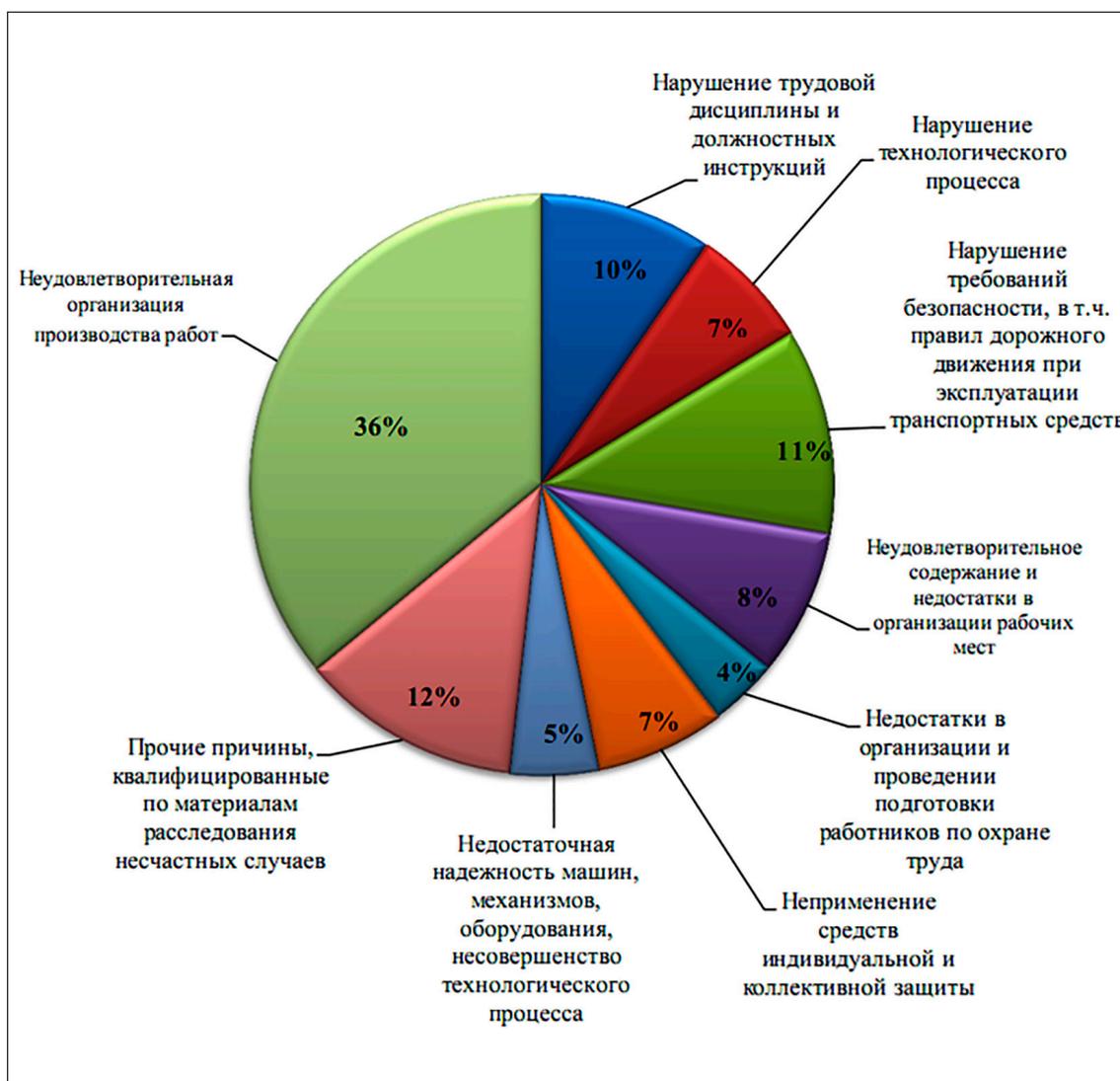


Рис. 1. Ответственность сторон [15]

Профилактический подход считается оптимальным способом управления в строительных проектах региона. Его реализация наиболее эффективна на этапе планирования, до начала реализации проекта, что позволяет внести необходимые корректировки в проектную документацию с учетом потенциальных рисков [12].

Превентивные методы управления применяются на стадии подготовки проекта и включают комплекс мер:

- по выявлению возможных рисков;
- по оценке их потенциального влияния;
- по разработке мероприятий по минимизации негативных последствий.

В ходе исследования было проведено анкетирование специалистов строительной отрасли Белгородской области для оценки эффективности различных превентивных методов управления (рис. 1). Полученные данные были ранжированы по степени результативности их применения в региональных проектах.

Несмотря на применение превентивных мер, в процессе реализации строительных проектов Белгородской области могут возникать новые проблемные аспекты, требующие оперативного реагирования. Корректирующие методы управления направлены на минимизацию негативных последствий уже возникших аспектов и их возможное устранение [13].

Анализ практики строительства показывает, что даже при тщательном планировании не удастся избежать отклонений от графика работ [14]. По данным исследований, только треть строительных проектов завершается точно в установленные сроки, при этом типичное превышение составляет от 10 до 30 % от планируемого времени.

В ходе исследования особое внимание авторами уделялось оценке эффективности корректирующих методов управления (рис. 2). Респондентам предлагалось оценить значимость каждого метода на основе собственного опыта работы в строительной отрасли региона. Важно отметить, что успешное управление организационными системами требует комплексного подхода, сочетающего как превентивные, так и корректирующие меры, адаптированные под специфику строительного рынка Белгородской области.

В ходе исследования строительных проектов Белгородской области были выявлены главные факторы риска. Анализ сосредоточился на десяти ключевых показателях с учетом их распределения по зонам ответственности.

Первое место по значимости заняла проблема задержки платежей. При этом 78 % ответственности за данную ситуацию несет заказчик проекта, что существенно тормозит реализацию строительных инициатив в регионе.



Рис. 2. Системная модель оценки в сфере строительства

На втором месте оказалась проблема проектного финансирования, где ответственность заказчика достигает 90 %. Эти две взаимосвязанные проблемы формируют порочный круг финансовых трудностей, приводящий к значительным временным и материальным потерям при осуществлении строительных проектов.

Такое распределение рисков и ответственности отражает специфику строительного рынка Белгородской области и требует особого внимания со стороны участников проектной деятельности [16].

Для минимизации этого требуется: детальный анализ проектной документации; своевременное планирование поставок; четкое определение объемов работ на этапе подготовки контракта; взаимная проверка документации всеми участниками проекта.

Таким образом, изучив предметную область, авторы наметили основные аспекты цифрового приложения, которые легли в основу технического задания будущей системы.

При разработке цифрового приложения наша команда руководствовалась комплексом нормативных документов, включая Техническое задание по содержанию и оформлению [17, с. 13], Техническое задание на создание автоматизированной системы [18, с. 2], стандарт «Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем» [19, с. 5] и Методические указания по содержанию документации [20, с. 7], что позволило создать продукт, соответствующий всем требованиям и стандартам в области информационных технологий.

```
usingUnityEngine;

usingUnityEngine.SceneManagement;
usingUnityEngine.UI;
usingSystem.Collections.Generic;

publicclassPauseMenu :MonoBehaviour
{
    publicstaticboolGameIsPaused=false;

    publicGameObjectpauseMenuUI; // UI менюпаузы
    publicGameObjectsettingsMenuUI; // UI менюнастроек
    publicGameObjecthelpMenuUI; // UI окнапомощи
    publicSliderSensitivitySlider; // Слайдердлячувствительностимыши
    publicSliderVolumeSlider; // Слайдердляизменениягромкости

    publicDropdownresolutionDropdown; // Выпадающееменюдлявыбораразрешения
    publicToggleFullscreenToggle; // Переключатель для выбора полноэкранного
режима
    publicDropdownqualityDropdown; // Выпадающее меню для выбора уровня качества

    publicElectricPanelZoneelectricPanelZone; // СсылканаElectricPanelZone

    privateconststringSensitivityKey="MouseSensitivity";
    privateconststringVolumeKey="Volume";
    privateconststringFullscreenKey="Fullscreen";
    privateconststringQualityLevelKey="QualityLevel";

    privateResolution[] customResolutions=newResolution[]
    {
        newResolution{ width=800, height=600 },
        newResolution{ width=1280, height=1024 },
        newResolution{ width=1366, height=768 },
        newResolution{ width=1440, height=900 },
        newResolution{ width=1536, height=864 },
        newResolution{ width=1600, height=900 },
        newResolution{ width=1920, height=1080 }
    };
};
```

Рис. 3. часть кода программы оптимизации организационной системы

В качестве комплексного подхода к управлению организационными системами было разработано приложение, которое включает следующие функции:

1. Анализ и определение потенциальных угроз и оценка их влияния на проект.

2. Планирование мероприятий: разработка стратегий для снижения рисков и повышения безопасности проекта.

3. Мониторинг и контроль: отслеживание изменений и корректировка планов при необходимости.

4. Отчетность и анализ: предоставление информации о рисках и мерах по их устранению для принятия обоснованных решений.

5. Интеграция с другими системами: возможность взаимодействия с другими инструментами и системами для более точного анализа.

Для работы с приложением необходимо следующее программное обеспечение:

– Visual Studio/Visual Studio Code (для работы с кодом);

– Кросс-платформенная среда разработки Unity (для визуализации процессов, создания сцен и различных ситуаций).

На рисунке 3 представлена часть кода программы оптимизации организационной системы.

Заключение

Представленная программа процессов управления организационными системами позволит повысить эффективность строительных проектов в Белгородской области и минимизировать возможные негативные последствия.

Список литературы

1. Абдурахманова М.М. Механизм кредитно-финансового обеспечения малого бизнеса в России // Российское предпринимательство. 2020. № 7 (229). С. 58–63.
2. Зорина О.А., Масыгина Н.И. Необходимость и возможность применения BIM-технологии в оценке уровня техноферной безопасности // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2024. № 1 (47). С. 115–122. DOI: 10.52684/2312-3702-2024-47-1-115-122.
3. Бессонов И.С. Количественные характеристики малого бизнеса в России // Российское предпринимательство. 2019. № 19 (265). С. 14–15.
4. Быстров О.Ф., Поздняков В.Я. Управление инвестиционной деятельностью в регионах Российской Федерации: монография. М.: ИНФРА-М, 2018. 280 с.
5. Дудов А.С. Оценка основных аспектов развития строительного комплекса // Управление экономическими системами. 2020. № 2 (62). С. 67–73.
6. Куликов В.Г., Рыбалкина З.М. Методика оценки управляемости организации // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2019. № 6. С. 12–15.
7. Ищенко К.А., Горелик С.Г., Милютина Е.В., Барабанщиков А.А. Эффективная диспансеризация и адекватная физическая активность как составляющие анти-эйджинговой программы на предприятии Белгородской области // Innova. 2020. № 4 (21). С. 12–17.
8. Маслов В.А. Качество, безопасность и управление рисками в строительном проектировании // Universum. Серия: технические науки. 2024. № 2 (119). С. 56–60. DOI: 10/32743/UniTech.2004.119.2/16777.
9. Масыгина Н.И. Поддержание здоровья и безопасности на рабочем месте и обеспечение безопасных условий труда // Наука в XXI веке: инновационный потенциал развития: сборник научных статей по материалам X Международной научно-практической конференции (Уфа, 30 декабря 2022 г.). В 2 ч. Ч. 1. Уфа: Издательство НИЦ Вестник науки, 2022. С. 91–96.
10. Музалева Т.И., Решетов К.Ю. Особенности минимизации рисков в металлургической промышленности // Экономика и бизнес: теория и практика. 2022. № 10–2. С. 104–108. DOI: 10.24412/2411-0450-2022-10-2-104-108.
11. Прядко С.Н., Винник А.Е. Формирование ключевых компетенций в управлении региональных предприятий // Вестник БГТУ имени В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 219–222. DOI: 10.12737/23551.
12. Рами Абдулла Ба Хамид, Дох Шу Инг. Обзор процесса управления в строительных проектах развивающихся стран // Ноябрь 2017. Серия конференций IOP по материаловедению и инженерии. 271 (1): 012042. DOI: 10.1088/1757-899X/271/1/012042.
13. Соловьева А.С., Фролова И.П., Загайнова Е.И. Управление рисками инвестиционных проектов в строительстве в современных условиях // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2017. № 10. С. 32–36.
14. Строительство в российских регионах: итоги 2024 года [Электронный ресурс]. URL: <https://sherpagroup.ru/analytics/gv6bq48> (дата обращения: 20.02.2025).
15. Пузырев А.М., Козырева Л.В. Разработка методики оценки профессиональных рисков в строительстве // Безопасность техногенных и природных систем 2022. № 1. С. 9–17. ISSN: 2541-9129.
16. Сысоева Е.В. Управление безопасностью труда и здоровьем сотрудников в организации // Инновации и инвестиции. 2018. № 12. С. 129–134.
17. ГОСТ 19.201-78 Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению. М.: Стандартинформ, 1978. 13 с.
18. ГОСТ 19.301-79 Единая система программной документации. Техническое задание на создание автоматизированной системы. М.: Стандартинформ, 1979. 2 с.
19. ГОСТ 19.101-2024 Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем. М.: Стандартинформ, 2024. 5 с.
20. ГОСТ Р 59794-2021 Методические указания. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Требования к содержанию документов. М.: Стандартинформ, 2021. 7 с.