

Научная статья  
Статья в открытом доступе  
УДК 519: 364.075.2  
doi: 10.30987/2658-4026-2026-1-17-28

## Автоматизация системы управления безопасностью труда в строительной отрасли

Ольга Владимировна Горбунова<sup>1</sup>, Павел Иосифович Падерно<sup>2✉</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), Санкт-Петербург, Россия

<sup>1</sup>[o.v.gorbunova@inbox.ru](mailto:o.v.gorbunova@inbox.ru), <http://orcid.org/0000-0002-6759-7863>

<sup>2</sup>[pipaderno@list.ru](mailto:pipaderno@list.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9032-5084>

### Аннотация.

Рассматривается актуальная проблема перехода от «пассивной» модели контроля безопасности труда к «превентивному» управлению охраной труда в строительстве с применением современных цифровых технологий. Необходимость перехода на «превентивное» управление охраной труда обусловлена создавшимися предпосылками как в законодательной сфере – «риск ориентированный подход», так и в сферах экономики и управления. Неэффективность традиционных методов контроля безопасности труда в строительстве показана на примере фиксации нарушений и порядка реагирования на них, который носит «реактивный» характер обнаружения и регистрации уже состоявшихся нарушений. Сложности перехода на превентивную систему управления безопасностью труда связаны прежде всего с фрагментированностью строительных процессов, недостатков возможности их координации, что препятствовало внедрению комплексных систем управления. В качестве решения предлагается внедрение системы поддержки принятия решений (СППР), построенной на базе ERP платформы, объединяющей технологий информационного моделирования (ТИМ/ВИМ), цифровые двойники и MES-систему объекта управления. Платформа использует набор технологий Индустрии 4.0, включая интернет вещей (IoT), машинное зрение и операционные системы реального времени (ОСРВ), для создания единой среды управления. В работе показана модель состояния системы безопасности труда в виде графов, отражающих переход от «пассивного» контроля к «активному» превентивному управлению безопасностью труда на объекте строительства. Предлагаемый подход позволит оценивать состояние уровня безопасности труда в режиме реального «псевдореального» времени и прогнозировать развитие негативных сценариев для формирования упреждающих управляющих воздействий, что принципиально повышает безопасность труда в строительстве.

**Ключевые слова:** система поддержки принятия решений (СППР), безопасность труда, лицо принимающее решение (ЛПР), превентивное управление безопасностью труда, технологии информационного моделирования (ТИМ)

**Для цитирования:** Горбунова О.В., Падерно П.И. Автоматизация системы управления безопасностью труда в строительной отрасли // Эргодизайн. 2026. №1 (31). С. 17-28. <http://dx.doi.org/10.30987/2658-4026-2026-1-17-28>.

Original article  
Open access article

## Automation of the Occupational Safety Management System in the Construction Industry

Olga V. Gorbunova<sup>1</sup>, Pavel I. Paderno<sup>2✉</sup>

<sup>1</sup>Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia.

<sup>2</sup>Saint Petersburg State Electrotechnical University “LETI” named after V.I. Ulyanov (Lenin), Saint Petersburg, Russia

<sup>1</sup>[o.v.gorbunova@inbox.ru](mailto:o.v.gorbunova@inbox.ru), <http://orcid.org/0000-0002-6759-7863>

<sup>2</sup>[pipaderno@list.ru](mailto:pipaderno@list.ru), <https://orcid.org/0000-0001-9032-5084>

## Abstract.

*The paper addresses the urgent problem of transitioning from a “passive” occupational safety control model to “preventive” occupational health and safety management in construction using modern digital technologies. The need for this transition is driven by the emerging prerequisites in the legislative sphere, such as the “risk-based approach,” as well as in the economic and management spheres. The inefficiency of traditional methods of controlling occupational safety in construction is demonstrated by the example of identifying violations and response procedures, which have a “reactive” nature, focusing on detecting and recording already occurred violations. The challenges of transitioning to a preventive occupational safety management system are primarily associated with the fragmentation of construction processes and the lack of coordination possibilities, which have hindered implementing integrated management systems. As a solution, the paper proposes the implementation of a decision support system (DSS) built on an ERP platform, integrating building information modeling (BIM), digital twins, and a manufacturing execution system (MES) for the managed object. The platform utilizes a set of Industry 4.0 technologies, including the Internet of Things (IoT), computer vision, and real-time operating systems (RTOS), to create a unified management environment. The paper presents a model of the occupational safety system state in the form of graphs, reflecting the transition from “passive” control to “active” preventive occupational safety management on a construction site. The proposed approach enables assessing occupational safety levels in real-time “pseudo-real-time” and predicting negative scenarios to generate proactive control actions, which significantly enhances occupational safety in construction.*

**Keywords:** decision support system (DSS), occupational safety, decision maker (DM), preventive occupational safety management, building information modeling (BIM)

**For citation:** Gorbunova O.V, Paderno P.I. Automation of the Occupational Safety Management System in the Construction Industry. Ergodizayn [Ergodesign]. 2026;1(31):17-28. Doi: 10.30987/2658-4026-2026-1-17-28.

## Введение

На современном этапе развития техники и технологии в широком спектре сфер жизнедеятельности человека находят применение автоматизированные системы обработки информации. Отрасли экономики России, где используются автоматизированные системы управления технологическими процессами (далее АСУТП), как правило связаны с эксплуатацией опасных производственных объектов и опасными видами выполнения работ.

На сегодняшний день управление различными производственными процессами также претерпевает изменение и это связано с качественно новыми возможностями по совершенствованию систем управления с применением технологий искусственного интеллекта (далее ИИ) и алгоритмов машинного зрения.

Современные multifunctional автоматизированные системы управления имеют сетевую иерархическую структуру на базе различных программно-технических комплексов (ПТК), предназначенных для поддержки принятия решений, что позволяет, при достаточно высокой квалификации оператора, в режиме реального «псевдо реального» времени реагировать на отклонения протекания процессов и оперативно принимать решения по нивелированию негативных последствий. В качестве контролируемых показателей для АСУТП принимают ключевые параметры процессов, которые необходимо контролировать и для большинства

производственных процессов эти показатели, как правило, известны по техническим характеристикам применяемого технологического оборудования и технологическим параметрам процессов, предусмотренных (заложенных) при их проектировании.

Строительство, как одна из наиболее травмоопасных отраслей экономики по данным Роструд находится на втором месте [1] после добывающей промышленности и до недавнего времени не рассматривалась как объект для широкого внедрения и применения АСУ. Фрагментированные попытки автоматизированного управления производственными процессами в строительстве имеют место лишь в некоторых сегментах, например: проектировании, документообороте, составлении смет и расчетах объемов затрат, контроля соблюдения сроков и отклонений от проекта строительства [2], [3]. Это было связано с отсутствием координированной информации о протекающих производственных строительных процессах, а также большим количеством участников (подрядных организаций), задействованных на территории строительной площадки.

Кардинальные изменения в процессе проектирования произошли с появлением BIM – технологий (англ. Building Information Modeling), в России утверждено понятие ТИМ – технологии информационного моделирования [4]. Использование ТИМ позволяет объединить множество разрозненных процессов в одну единую цифровую среду и осуществлять контроль за

объектом строительства (далее ОС) как за единой эргатической системой на всех этапах его жизненного цикла. Таким образом, развитие в России ТИМ создало предпосылки к осуществлению перехода от рутинного управления процессами к цифровизации строительной отрасли [5], [6]. Благодаря этому стало возможным создание системы поддержки принятия решений (далее СППР) для управления безопасностью труда на строительных площадках, с применением цифровых технологий.

### **Задачи и уровни решения.**

Уровни решаемых задач по управлению человеко-машинной системой (далее ЧМС) в строительстве с применением СППР:

1. На уровне работника (человека) – контроль параметров безопасности труда на рабочих местах и соблюдения норм, оценка профессиональных рисков, на основе информации поступающей с датчиков, смарт-видеокамер, и других устройств;

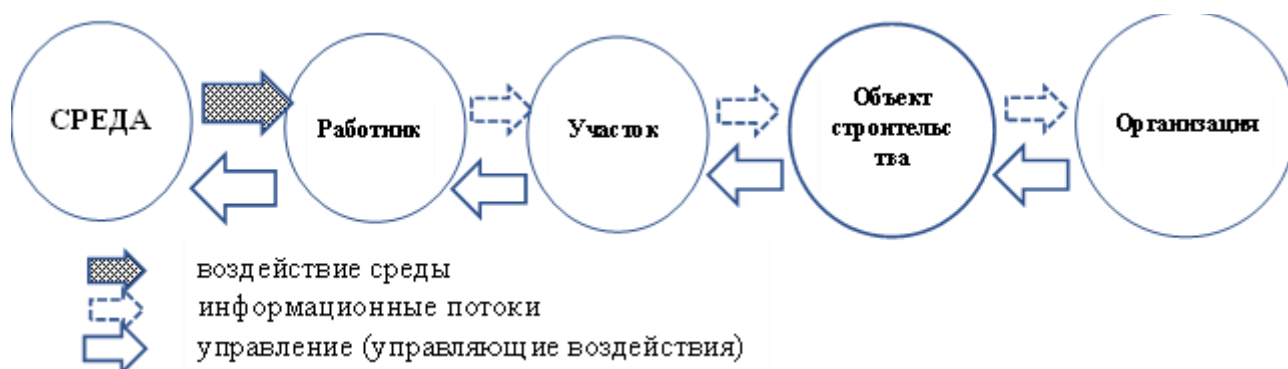
2. На уровне отдельного участка (зоны) – контроль протекания технологических процессов, наложения и пересечения опасных зон для выполнения строительных работ, на основе определения

позиционирования объектов контроля и отражения их в цифровом двойнике с помощью VR/AR технологий;

3. На уровне объекта строительства – контроль этапов процесса строительства, очередность применения технических устройств, допуска персонала к тем или иным участкам (зонам) для выполнения работ, контроль обращения с материалами, и т.д., на основе цифровых двойников и MES-системы объекта управления.

4. На уровне строительной организации (застройщика) – контроль за всеми объектами строительства одновременно, с помощью централизованной СППР (на базе ERP платформы, объединяющей технологий информационного моделирования (ТИМ/ВИМ), цифровые двойники и MES-систему объекта управления. Платформа использует набор технологий интернета вещей (IoT) [7], машинное зрение, операционные системы реального времени (ОСРВ), VR и AR и др. для создания единой среды управления).

На рисунке 1 показана взаимосвязь вышеупомянутых уровней управления безопасностью труда в строительстве.



**Рис. 1. Взаимосвязь уровней управления безопасностью труда в строительстве.**

**Fig. 1. Interrelation of occupational safety management levels in construction.**

### **Состояние вопроса сегодня.**

Концепция создания СППР для контроля и управления безопасностью труда в строительстве рассматривалась авторами в ряде публикаций [8], [9], в которых дан обзор действующих на сегодняшний день методов контроля безопасности труда на примере ведущих строительных компаний г. Санкт-Петербурга. В своей основе методы контроля безопасности труда на строительных площадках носят так называемый «пассивный» характер, который дает результат фиксации уже случившихся нарушений в области безопасности труда.

Так например, до настоящего времени реализуется практика проведения периодических обходов и осмотров по рабочим местам на строительной площадке, но если объектов строительства у застройщика достаточно много и они располагаются на значительном удалении друг от друга не только в пределах города, но области и регионов, то получение актуальной информации о состоянии дел в области обеспечения безопасности труда носит «запаздывающий», или по кривой Брэдли – «пассивный» характер [10].

Установленная законодательством РФ обязательная процедура проведения оценки

рисков на строительных площадках, направленная на предупреждение несчастных случаев за счет «риск-ориентированного» подхода - также «не работает», так как не отражает динамически меняющихся условий труда на рабочих местах работников, для которых, следуя логике проявления опасностей, данная процедура должна проводиться практически непрерывно в режиме реального времени.

Пассивное управление безопасностью труда складывается из этапов, которые не предусматривают превентивное реагирование на динамично развивающуюся негативную ситуацию на строительной площадке, а оперируют данными, полученными после выполненной проверки, с выборкой по времени проведения обхода и точечных данных по рабочим местам.

Стандартно получение информации о состоянии безопасности труда на строительных площадках включает следующие этапы:

1) составление графика плановых осмотров/проверок на ОС (в случае ЧП – внеплановая проверка);

2) проведение осмотра/проверки ОС на предмет устранения предыдущих замечаний и оценки текущего состояния безопасности труда (с применением чек-листов, бланков контроля, «шахматки» и др.);

3) выдача «актов-предписаний» за выявленные нарушения требований ОТ и ПБ, в случае угрозы жизни и здоровью работников (при условии их выявления при осмотре/проверке, либо получении достоверной информации в виде сообщения от работников ОС);

4) обобщение информации и анализ состояния безопасности труда на ОС по результатам осмотра/проверки;

5) разработка мероприятий по ОТ и ПБ с целью улучшения состояния безопасности труда на ОС;

6) назначение ответственных за проведение мероприятий по ОТ и ПБ и сроков их исполнения;

7) проведение очередного осмотра/проверки на предмет исполнения мероприятий.

Таким образом, на сегодняшний день, при управлении безопасностью в строительстве всё управление, в основном, сводится к пассивной фиксации развивающейся ситуации на РМ или объекте, с целью возможного устранения причин, возникающих недостатков, в будущем.

### ***Возможности и пути.***

Современное развитие цифровых технологий, в том числе в области получения информации с помощью различного рода контроллеров дает возможность получать информацию с помощью технологии интернета вещей IoT и в режиме реального времени передавать её для нужд заинтересованных лиц – лиц принимающих решения (далее ЛПР). Основываясь на данных технологиях, становится возможным создание превентивной системы управления безопасностью труда, заключающейся в особенности раннего реагирования на изменяющуюся ситуацию, если она развивается по «негативному» сценарию развития событий.

Для создания СППР для управления безопасностью труда на строительной площадке авторами рассматривается ЧМС в динамическом исполнении.

В качестве критериев оценки уровня безопасности труда на строительной площадке [8] были предложены ключевые параметры, которые отражают действующие в РФ основные нормативные требования по обеспечению безопасности труда [11 - 13].

К установленным критериям отнесены следующие основные требования:

1) к рабочему месту – К1;

2) к персоналу – К2;

3) к состоянию строительной площадки – К3;

4) к машинам и механизмам – К4;

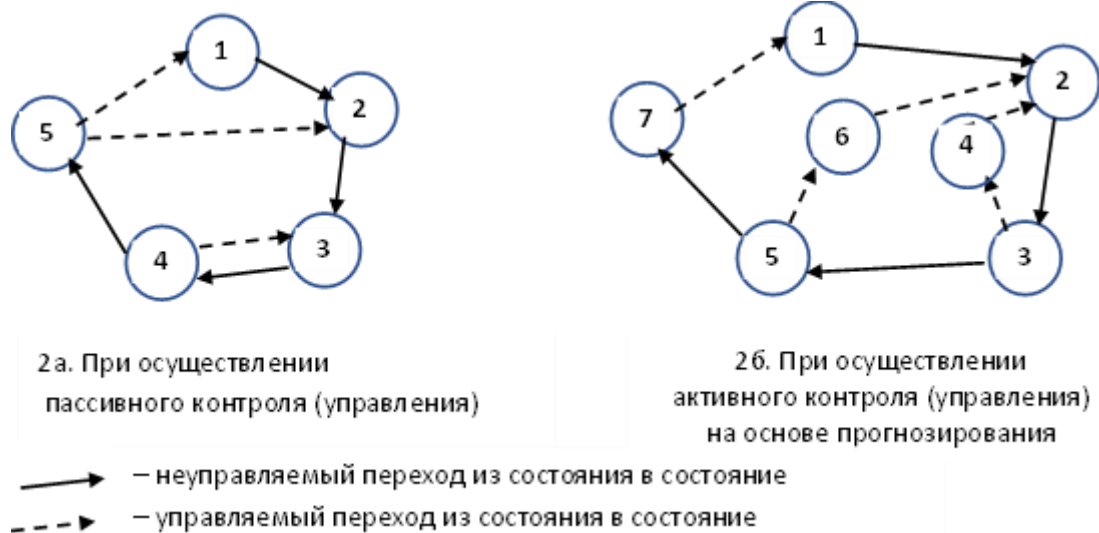
5) к средствам защиты – К5;

6) к опасным видам работ – К6.

На рис.2 состояния уровней безопасности труда на строительной площадке показаны в виде графов:

а) для случая пассивного контроля (управления) за безопасностью труда и управления по результату - 1 – идеальное (оптимальное); 2 – допустимое; 3 – переходное; 4 – предаварийное; 5 – аварийное (рис. 2 а))

б) для случая активного контроля (превентивного управления) с использованием СППР: 4 – первое переходное, для варианта «мягкого» управления; 5 – предаварийное; 6 – второе переходное, для варианта «жесткого» управления процессом; 7 – аварийное (рис.2 б)).



**Рис. 2. Граф переходов между состояниями безопасности труда при пассивном контроле (2а) и активном контроле (управлении) (2б).**

**Fig. 2. Graph of transitions between occupational safety conditions under passive control (2a) and active control (2b).**

Заметим, что главной задачей управления безопасностью труда на ОС является не только предотвращение попадания в аварийное состояние, но и принятие квазиоптимальных решений по управлению рабочим процессом [14, 15]. Принятие решения по управлению безопасностью труда, в нашем случае осуществлении комплекса мер по устранению причин нарушения безопасности деятельности работников, требует либо очень высокой квалификации, которой руководство объекта зачастую не обладает, либо же требует некоторой автоматизированной поддержки принятия решений.

### **Поддержка принятия решений по обеспечению безопасности труда.**

#### **Информационные потоки.**

Управление безопасностью труда базируется на полной и своевременной информации о состоянии всех компонент объекта от К1 до К6 на каждом рабочем месте (далее РМ).

Мониторинг на уровне объекта реализуется на основе анализа информационных потоков о состоянии всех рабочих мест сотрудников, работающих на данном объекте строительства (рис.3). При этом управляющие воздействия реализует лицо принимающее решение (ЛПР).

Для каждого конкретного объекта функции ЛПР, отвечающего за безопасность работников, могут быть возложены на различных специалистов (от прораба до

выделенного инженера (специалиста) по охране труда и обеспечению жизнедеятельности сотрудников.

Так, например, при строительстве жилого комплекса, стандартно организационная структура управления строительством выглядит следующим образом:

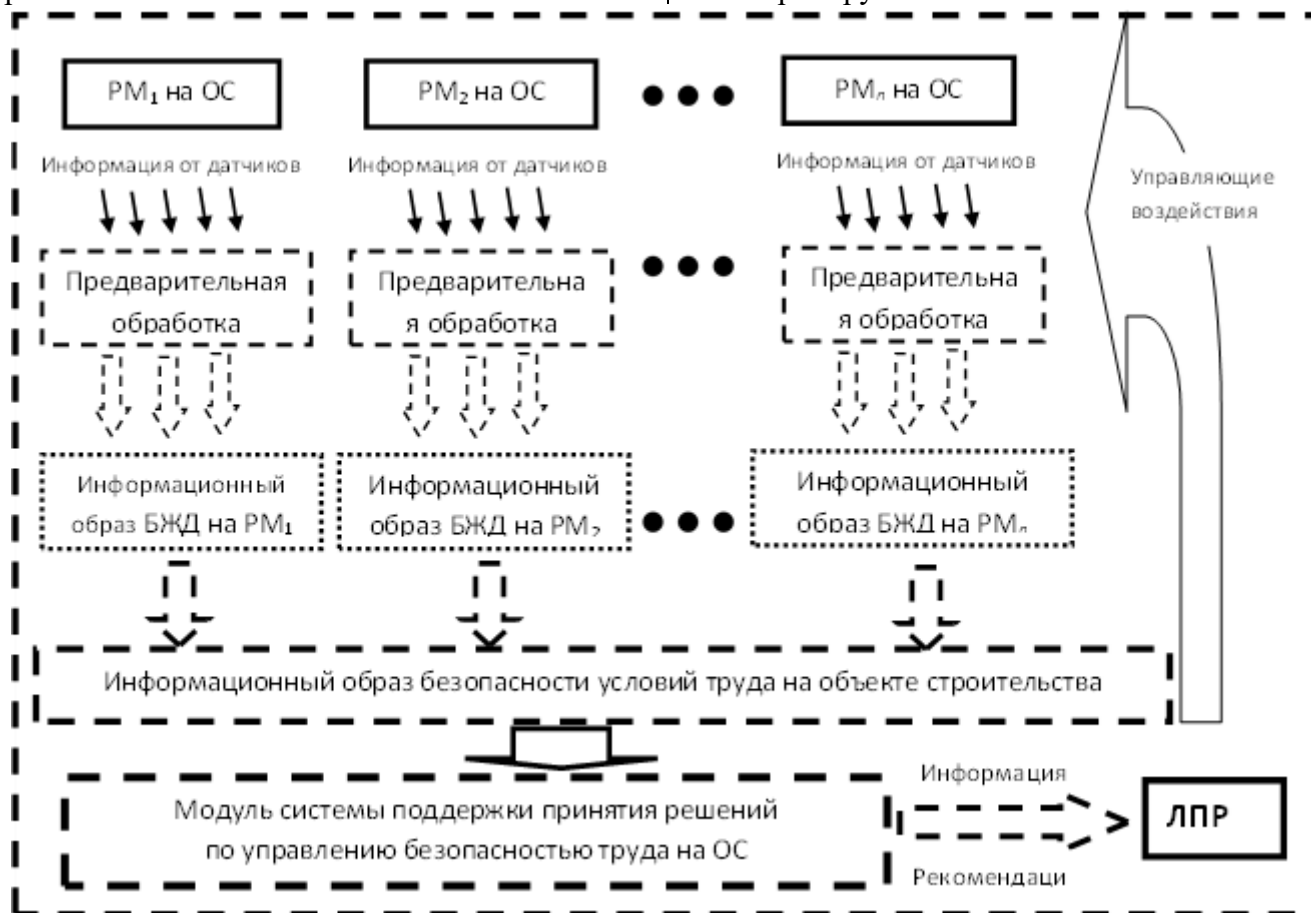
- 1 уровень: Застройщик (Инвестор), представители которого – генеральный директор, руководитель проекта и др., выступают как заинтересованные лица в получении отчетной информации по состоянию ОС в соответствии с установленным отчетным периодом, включая обобщенную информацию об уровне безопасности труда.

- 2 уровень: Генеральный подрядчик, представители руководства – директор, главный инженер – выступают как заинтересованные лица, получающие отчетную информацию за определенный период - неделя, месяц, квартал, год. Представители среднего руководящего звена – начальник участка либо производитель работ (Прораб) на объекте – могут выступить в роли ЛПР.

- 3 уровень: Субподрядные организации, руководители и инженерно-технические работники, например – прораб субподрядчика и мастер, могут выступить в роли заинтересованного лица в получении текущей информации об уровне безопасности труда на их участке работ.

Следует отметить, что на всех трёх уровнях организации управления строительством, с применением СППР становится возможным

получение текущей информации о состоянии уровня безопасности труда на всех контролируемых объектах.



**Рис. 3. Укрупненная структура информационных потоков для мониторинга безопасности труда на строительном объекте.**

**Fig. 3. The enlarged structure of information flows for monitoring occupational safety at a construction site.**

Как было показано ранее (рис.1) информация со всех объектов строительства поступает в управляющую компанию, с целью последующего анализа, обнаружения и, при необходимости, устранения системных недостатков (упущений, недочетов и др.) в используемой в данной компании системе обеспечения безопасности труда в строительстве (рис.4).

#### **Управление процессом принятия решений.**

Как модуль системы поддержки принятия решений (модуль ППР рис. 3) по управлению безопасностью труда на объекте строительства, так и СППР по управлению безопасностью труда на всех строящихся объектах компании должны реализовываться по единому принципу, как для интеграции в уже используемые автоматизированные системы управления, так и для оперативного обмена информацией между собой в рамках некоторой сети компании.

Основными особенностями предлагаемой СППР являются:

1. Возможности представления оперативной информации как в детализированном так обобщенном виде по объекту строительства в целом, так и в детализированном виде (по отдельным рабочим местам (PM) и/или отдельным параметрам), за счет использования разработанных информационных моделей.
2. Модульный принцип построения, обеспечивающий корректную встраиваемость и взаимодействие с другими автоматизированными системами.
3. Возможности реализации СППР как на конкретном ОС, так и на нескольких объектах одновременно. Создание централизованной СППР для мониторинга условий труда на нескольких ОС.

Ключевыми отличиями предлагаемой СППР от стандартной АСУ и цифрового двойника объекта строительства является:

1. Возможность прогнозирования изменений контролируемых параметров на рабочих местах строительной площадки за счет применения накапливаемой базы знаний, содержащей набор специализированных процедур.

2. Поддержка принятия решений о проведении профилактических работ

(частичной выборочной профилактики) по опережающему улучшению условий труда на РМ ОС (выдача рекомендаций).

Разрабатываемая СППР по управлению безопасностью труда на ОС имеет практически стандартный вид (рис.5).

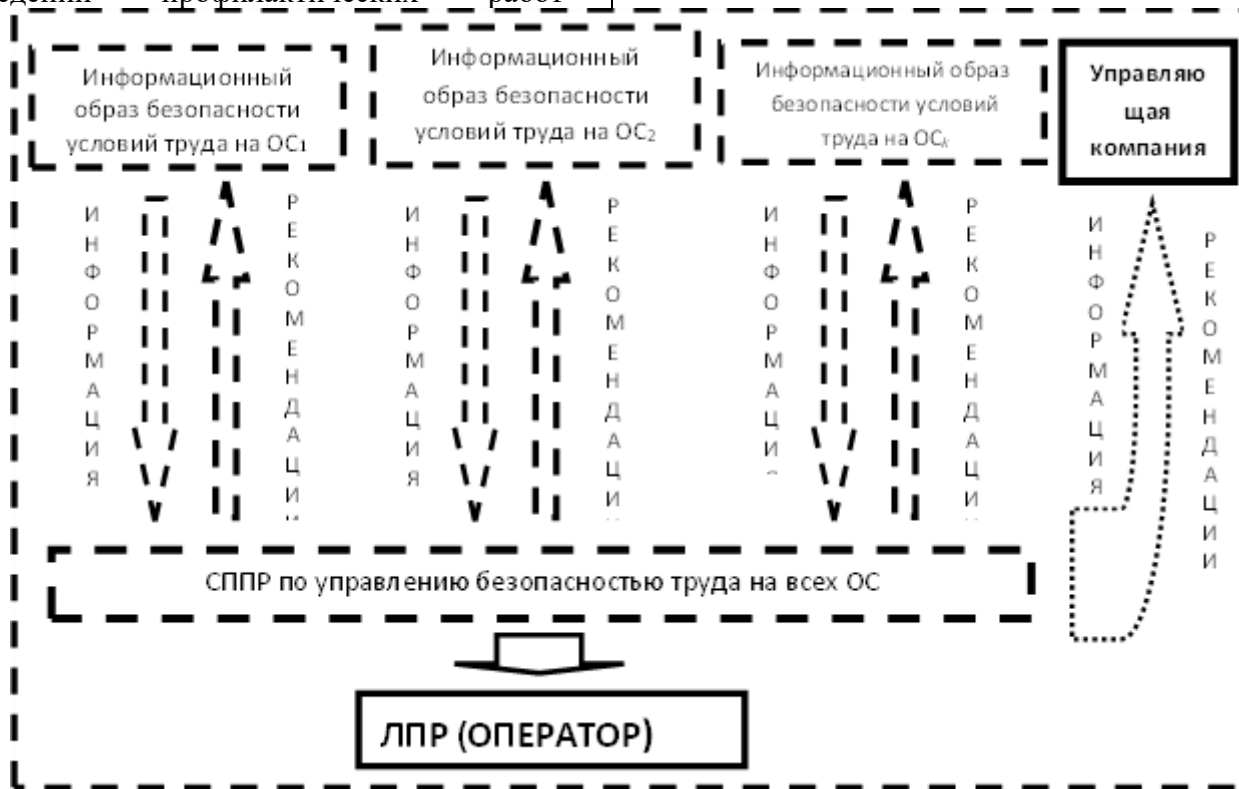


Рис. 4. Укрупненная структура информационных потоков для централизованного мониторинга безопасности труда на объектах строительства.

Fig. 4. The enlarged structure of information flows for centralized monitoring of occupational safety at construction sites.

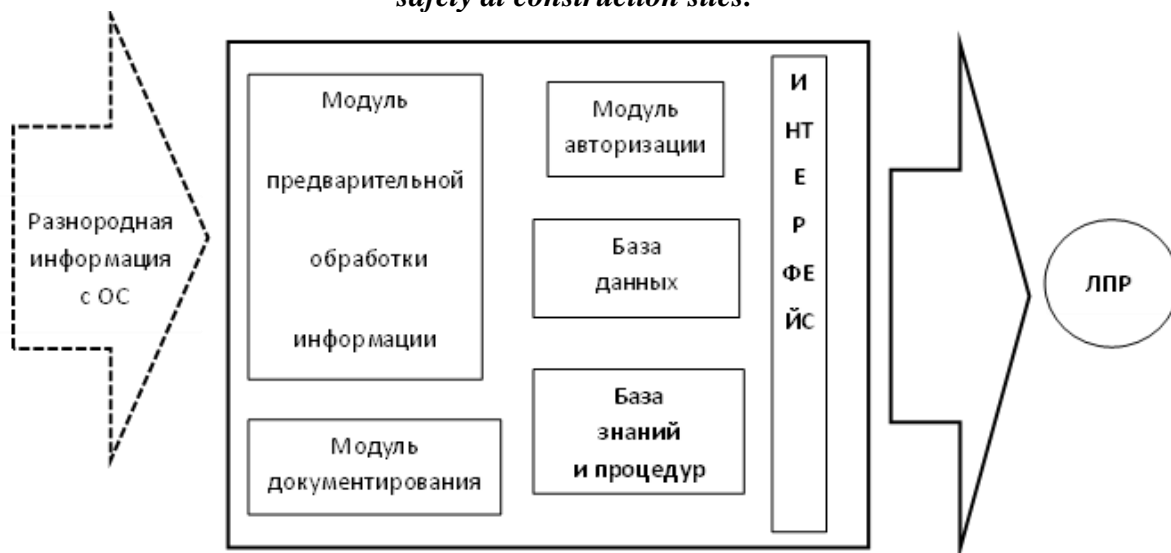


Рис. 5. Укрупненный вид СППР по управлению безопасностью труда на ОС.

Fig. 5. An enlarged view of the DSS for occupational safety management at OS.

Реализация СППР по управлению безопасностью труда (на уровне ОС) целесообразна в качестве подсистемы

автоматизированного рабочего места (АРМ) руководителя работ (прораба).

Модуль предварительной обработки информации обеспечивает комплексирование

полученной разнородной информации об отдельных участках ОС с целью представления некоторой общей картины о ситуации по безопасности труда на ОС.

Модуль авторизации обеспечивает регистрацию санкционированного входа.

Модуль документирования обеспечивает формирование и, при необходимости, печать документов.

База данных содержит комплекс различных документов, правил и др., регламентирующих как получение информации, так и нормы, и правила обеспечения безопасности труда.

База процедур формирует подсказки для ЛППР в целях наилучшего, с точки зрения безопасности труда, управления ОС. В рамках базы процедур реализуется не только некоторая комплексная оценка условий труда (безопасности деятельности на отдельных РМ (специалистов), но и комплексная оценка безопасности на участках, а также интегральная оценка по всему ОС. Кроме того, в базе процедур вырабатываются некоторые прогнозные оценки безопасности, а также рекомендации, на основании которых соответствующий ЛППР принимает одно или другое управленческое решение.

Интерфейс представляет ЛППР как комплексную информацию о ситуации на объекте, так и, при запросе, конкретную информацию по каждому сотруднику, в удобной форме. Кроме того, интерфейс предоставляет информацию о целесообразности выполнения тех или иных управляющих воздействий с целью обеспечения безопасности труда на ОС.

#### ***Трудности и перспективы их преодоления.***

Основные трудности при создании СППР по управлению безопасностью труда:

- в информационной части: достаточно большом количестве разнородных объектов, требующих наблюдения, необходимо установить значительное количество регистрирующей аппаратуры (видеокамеры, датчики и др.), которая должна охватывать весь диапазон контролируемых параметров в соответствии с установленными критериями на заданном объекте (участок, площадка, цех и т.д.). При этом необходимо предусмотреть проявление различных факторов, таких как, например, перекрёстное перекрытие зон работы оборудования и работников на строительной площадке, причём не только на уровне земли (отметка «ноль»), но и на различных отметках по высоте строящегося здания.

- в части обработки информации: большой объем потока информации с регистрирующих устройств будет поступать на обрабатывающие устройства, для этого потребуется сервер. В вопросе организации сервера следует ориентироваться на апробированные технологии и системы обработки информации, существующие на сегодняшний день.

- в части комплексирования – предполагается разработка моделей и методик комплексирования значений разнородных параметров в единую интегральную оценку безопасности жизнедеятельности БЖД на рабочем месте, участке, объекте, организации.

- в части пополнения базы знаний и процедур, что обусловлено следующими причинами - отсутствием информации о скорости изменения различных параметров (например, перемещение опасных зон действия технических устройств – машин и механизмов; физических факторов производственной среды, таких как: уровень шума, вибрации, концентрации пыли в воздухе рабочей зоны, и др.), а также нечетким определением понятий, которые необходимы для организации СППР.

#### **Результаты.**

В результате проведенных исследований нами была разработана концептуальная модель системы поддержки принятия решений (СППР) для контроля безопасности труда на объекте управления, представленная на примере строительной отрасли. Модель базируется на синергии взаимодействия существующих современных цифровых технологий:

- ERP-платформа;
- технологии информационного моделирования (ТИМ/ВИМ);
- MES – система объекта управления;
- цифровые двойники;
- операционные системы реального времени (ОСРВ)
- интернет вещей (IoT);
- машинное зрение;
- VR/AR – технологии.

Показаны четыре уровня управления безопасностью труда, с применением СППР, которые могут варьироваться в зависимости от масштабов предприятия/ организации, их организационно – управленческих структур и других индивидуальных особенностей:

1. Уровень работника – контроль параметров на рабочих местах, динамическая оценка профрисков на основе данных с датчиков, носимых устройств, смарт-видеокамер и т.п.

2. Уровень участка (рабочей зоны людей и зоны действия технических устройств) – контроль технологических процессов, наложения опасных зон с использованием цифровых двойников и VR/AR.

3. Уровень объекта, показан на примере объекта строительства – контроль этапов строительства, допуска персонала, обращения материалов и других показателей оперативного управления, на базе цифровых двойников и MES – систем.

4. Уровень организации, на примере строительной компании – централизованный контроль всех объектов строительства посредством ERP-платформы.

В работе приведены ключевые критерии оценки уровня безопасности труда [8], которые могут быть расширены и сгруппированы, в зависимости от запросов заказчика СППР, в отдельные группы показателей, для последующего накопления статистических данных и отчетности, и представлены в виде даш-бордов.

Представлены в работе графические модели состояний системы безопасности труда, которые отражают уровни состояний ЧМС для осуществления контроля. Графы демонстрируют ключевое отличие пассивного и превентивного подхода по осуществлению контроля безопасности труда, которое показывает существенную разницу в оценке эффективности управления безопасностью труда [16].

Приведено описание структуры информационных потоков для организации мониторинга безопасности труда:

- на уровне объекта (рис.3);
- на уровне организации / компании (рис. 4).

Представлена функциональная схема СППР (рис. 5), в которой авторы предлагают формировать базу данных и процедур. Накопленная таким образом информация в дальнейшем может быть использована для отчетности в контрольно-надзорные органы, для оценок финансовых показателей страховыми компаниями и других внешних и внутренних заинтересованных сторон.

#### **Обсуждение.**

В работе наглядно продемонстрированы недостатки существующей системы управления безопасностью труда, на примере традиционного - «пассивного» подхода в осуществлении контроля состояния охраны труда на объектах строительства, позволяющего фиксировать уже случившиеся нарушения. К основным недостаткам «пассивного» контроля относятся:

- периодичность проверок, не обеспечивающая непрерывный мониторинг, имеющая точечный характер;

- запаздывающий характер получения информации для управления безопасностью труда;

- отсутствие динамической оценки рисков в режиме реального времени.

Предложенная СППР позволяет перейти к превентивному управлению безопасностью труда за счет:

- непрерывного мониторинга ключевых параметров посредством (IoT)-устройств и различных датчиков;

- прогнозирования негативных сценариев на основе накапливаемой информации и базы знаний;

- выработки рекомендаций для ЛПР по профилактическим мерам;

- интеграции разнородных данных в единую информационную среду.

Ключевыми преимуществами СППР перед стандартными АСУ и цифровыми двойниками являются:

- возможность прогнозирования изменений параметров, характеризующих уровень безопасности труда на объекте контроля;

- поддержка принятия решений и рекомендации о нужных профилактических мероприятиях;

- модульный принцип построения, обеспечивающий встраиваемость в существующие системы в компании/ организации;

- масштабируемость (работа как на отдельно взятом объекте, так и группе объектов).

Основными трудностями внедрения СППР являются:

- необходимость организации обширной сети регистрирующей аппаратуры. Однако, следует отметить быстрые темпы развития различных цифровых систем контроля, что в перспективе дает возможность их широкого и повсеместного применения в различных отраслях экономики;

- высокий объем информационных потоков, требующий организации решений с серверными;

- сложность задачи комплексирования разнородных параметров в единую интегральную оценку;

- нехватка данных о скоростях изменения ключевых показателей безопасности труда.

Предлагаемая модель управления безопасностью труда обеспечивает действующие требования законодательства

РФ в области реализации «риск-ориентированного подхода» и позволяет:

- оперативно реагировать на динамично развивающуюся ситуацию на объекте контроля;

- снижать вероятность аварий, инцидентов, производственного травматизма и профзаболеваний за счёт раннего оповещения (коэффициент опережающего действия показан в статье [9]);

- повышать прозрачность управления безопасностью труда на всех уровнях организации.

### Выводы

1. Действующие системы контроля и мониторинга безопасности труда на строительных площадках нашей страны недостаточно информативны и не могут в полной мере обеспечить требования законодательных документов в области ОТ по предупреждению травматизма, инцидентов и аварий.

2. Существующие системы управления БТ не обеспечивают уровня превентивности и не обладают возможностями организации предиктивной аналитики поступающих данных.

3. Переход к превентивному управлению возможен за счет внедрения СППР на базе ERP-платформ, интегрирующей

в себя все цифровые возможности Индустрии 4.0.

4. Предложенная модель СППР позволяет: - осуществлять непрерывный мониторинг ключевых параметров безопасности труда;

- прогнозировать негативные сценарии развития событий и выдавать рекомендации ЛПР по их нивелированию;

- обеспечивать комплексную оценку безопасности труда на различных уровнях организации.

5. Реализация СППР в виде подсистемы автоматизированного рабочего места руководителя работ (например, прораба) обеспечит:

- оперативную визуализацию состояния уровня безопасности труда на рабочих местах объекта;

- оперативность в поддержке принятия решений;

- документирование событий и формирование отчётной документации.

6. Предлагаемый подход соответствует современным тенденциям развития нашего государства, отраслей экономики и общества, а также требованиям законодательства РФ [17] и способствует повышению эффективности управления безопасностью и охраной труда.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. ВНИИ Труда Минтруда России Охрана труда в цифрах 2024 г. URL: [https://vcot.info/uploads/landings\\_files/66d99c1a16c0e568797996.pdf](https://vcot.info/uploads/landings_files/66d99c1a16c0e568797996.pdf) (дата обращения: 01.11.2025).

2. Шершова Л.В., Подлесный В.В. 5.3. Цифровизация строительства. Современные проблемы строительства : Коллективная монография. Санкт-Петербург - Калининград : Русская христианская гуманитарная академия им. Ф.М. Достоевского, 2025. С. 265-276. EDN GJDCML.

3. Логунова Е.А., Додонова М.А. 5D-BIM. Информационные системы и технологии АПК и ПГС: Сборник научных статей 2-й Международной научно-технической конференции, Курск, 10 октября 2024 года. Курск: ЗАО "Университетская книга", 2024. С. 242-244. EDN REAVQT.

4. ГОСТ Р 10.00.00.01-2025 «Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Термины и определения» (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 01.04.2025 N 238-ст). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1312251803?section=text> (дата обращения 01.11.2025).

5. Глава правительства предложил новые меры для перехода предприятий на отечественные цифровые решения. Digital Russia.ru | Цифровая Россия – всё об ИТ в государстве: сайт. URL: <https://digital-russia.ru/glava-pravitelstva-predlozhil-novye-mery-dlja-perehoda-predpriyatij-na-otechestvennye-cifrovye-reshenija.html> (дата обращения 01.11.2025).

### REFERENCES

1. All-Russian Research Institute of Labour. Ministry of Labour of Russia. Labour Protection in Figures 2024 [Internet]. 2024 [cited 2025 Nov 01]. Available from: [https://vcot.info/uploads/landings\\_files/66d99c1a16c0e568797996.pdf](https://vcot.info/uploads/landings_files/66d99c1a16c0e568797996.pdf).

2. Shershova L.V., Podlesnyi V.V. 5.3. Digitalization of Construction. Modern Problems of Construction. Saint Petersburg – Kaliningrad: F.M. Dostoevsky Russian Christian Humanitarian Academy; 2025. p. 265-276.

3. Logunova E.A., Dodonova M.A. 5D-BIM. In: Proceedings of the 2nd International Scientific and Technical Conference on Information Systems and Technologies of Agro-Industrial Complex and Civil Engineering; 2024 Oct 10; Kursk. Kursk: University Book; 2024. p. 242-244.

4. GOST R 10.00.00.01-2025 The Unified System for Information Modeling. Terms and Definitions [Internet]. 2025 [cited 2025 Nov 01]. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/1312251803?section=text>.

5. Digital Russia.ru – All about IT in the State [Internet]. Head of Government Proposed New Measures for Transition of Enterprises to Domestic Digital Solutions; 2025 June 03 [cited 2025 Nov 01]. Available from: <https://digital-russia.ru/glava-pravitelstva-predlozhil-novye-mery-dlja-perehoda-predpriyatij-na-otechestvennye-cifrovye-reshenija.html>.

6. **Официальный сайт Правительства Российской Федерации. Новости от 10 февраля 2025: Михаил Мишустин дал поручения по итогам стратегической сессии, посвященной технологическому лидерству.** URL: <http://government.ru/news/54184/> (дата обращения 01.11.2025).
7. **Sepanosian T., Bemthuis R.** IoT-Enabled Multi-Agent Simulation for Hazard Detection and Safety in Construction. *Procedia Computer Science*. 2025;257:354-363. DOI 10.1016/j.procs.2025.03.047.
8. **Нам Г.Е., Горбунова О.В.** Критерии контроля уровня безопасности труда для организации цифровой системы мониторинга на строительной площадке // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2023. Т. 12, № 1(61). С. 90-97. EDN DNEPBX.
9. **Горбунова О.В., Нам Г.Е., Падерно П.И.** Математическая модель процесса мониторинга безопасности труда на предприятиях строительной отрасли с применением технологии информационного моделирования // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2023. Т. 12, № 4(64). С. 229-238. EDN DJONTF.
10. **Curti S., Gallo M., Nocilla M.R., Montagnani A., Mattioli S., Gnoni M.G. et al.** Safety culture maturity models in occupational safety and health: An updated Scoping review. *Safety Science*. 2025;192:107003. DOI 10.1016/j.ssci.2025.107003.
11. **Приказ Минтруда России от 11 декабря 2020 № 883н «Об утверждении Правил по охране труда при строительстве, реконструкции и ремонте»** (с изменениями на 29 апреля 2025 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/573191722?section=text> (дата обращения 02.11.2025).
12. **Приказ Минтруда России от 29.10.2021 № 774н «Об утверждении общих требований к организации безопасного рабочего места».** URL: <https://docs.cntd.ru/document/727092792?section=text> (дата обращения 02.11.2025).
13. **Санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"** (с изменениями на 17 марта 2025 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения 02.11.2025).
14. **Burkov E.A., Paderno P.I., Sopina O.P.** Analysis and Combination of Activity Algorithms Evaluation Methods. *Proceedings of the 3rd International Conference Ergo-2018: Human Factors in Complex Technical Systems and Environment*. Ergo 2018 : 3, St. Petersburg. 04–07 июля 2018 года. St. Petersburg, 2018 July 04-07, p. 111-114. DOI 10.1109/ERGO.2018.8443786. EDN YBNLID.
15. **Ermakova E., Skripnik I., Panov S., Kaverzneva T., Gorbunova O., Tsimberov D.** An integrated approach to safety in the design and operation of open-pit mining facilities. *IV International Conference on Geotechnology, Mining and Rational Use of Natural Resources (GEOTECH-2024)*, Navoi, Uzbekistan. Les Ulis: EDP Sciences. Web of Conferences, 2024 April 03-05, p. 02016. DOI 10.1051/e3sconf/202452502016. EDN SJJWDU.
16. **Горбунова О.В., Нам Г.Е., Падерно П.И.** Оценка экономической эффективности применения инновационных цифровых решений в системе управления безопасностью труда в строительной отрасли // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2025. Т. 14, № 3(71). С. 203-212. EDN AYWSFW.
6. **Official Website of the Government of the Russian Federation [Internet]. Mikhail Mishustin Gave Instructions on the Results of the Strategic Session Dedicated to Technological Leadership;** 2025 Feb 10 [cited 2025 Nov 01]. Available from: <http://government.ru/news/54184>.
7. **Sepanosian T., Bemthuis R.** IoT-Enabled Multi-Agent Simulation for Hazard Detection and Safety in Construction. *Procedia Computer Science*. 2025;257:354-363. DOI 10.1016/j.procs.2025.03.047.
8. **Nam G.E., Gorbunova O.V.** Level Control Criteria of Occupational Safety Level for the Organization of a Digital Monitoring System on a Construction Site. *XXI Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present Plus*. 2023;12(1(61)):90-97.
9. **Gorbunova O.V., Nam G.E., Paderno P.I.** Mathematical Model of the Occupational Safety Monitoring Process in a Construction Industry Enterprises Using Information Modeling Technology. *XXI Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present Plus*. 2023;12(4(64)):229-238.
10. **Curti S., Gallo M., Nocilla M.R., Montagnani A., Mattioli S., Gnoni M.G. et al.** Safety Culture Maturity Models in Occupational Safety and Health: An Updated Scoping Review. *Safety Science*. 2025;192:107003. DOI 10.1016/j.ssci.2025.107003.
11. **Order of the Ministry of Labour of Russia No. 883n "On Approval of the Rules on Occupational Safety During Construction, Reconstruction and Repair"** [Internet]. 2020 Dec 11 [cited 2025 Nov 02]. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/573191722?section=text>.
12. **Order of the Ministry of Labour of Russia No. 774n "On Approval of the General Requirements for the Organization of a Safe Workplace"** [Internet]. 2021 Oct 29. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/727092792?section=text>.
13. **Sanitary Rules and Regulations SanPiN 1.2.3685-21 "Hygienic Standards and Requirements for Ensuring Safety and (or) Harmlessness for Humans of Environmental Factors"** [Internet]. 2025 Mar 17 [cited 2025 Nov 02]. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>.
14. **Burkov E.A., Paderno P.I., Sopina O.P.** Analysis and Combination of Activity Algorithms Evaluation Methods. *Proceedings of the 3rd International Conference Ergo-2018: Human Factors in Complex Technical Systems and Environment*. Ergo 2018; 2018 Jul 04-07; St. Petersburg. St. Petersburg: IEEE; 2018, vol. 3. p. 111-114. DOI 10.1109/ERGO.2018.8443786.
15. **Ermakova E., Skripnik I., Panov S., Kaverzneva T., Gorbunova O., Tsimberov D.** An Integrated Approach to Safety in the Design and Operation of Open-Pit Mining Facilities. In: *Proceedings of the 4th International Conference on Geotechnology, Mining and Rational Use of Natural Resources (GEOTECH-2024)*; Navoi (Uzbekistan); 2024 Apr 03-05. Les Ulis: EDP Sciences. Web of Conferences; 2024. p. 02016. DOI 10.1051/e3sconf/202452502016.
16. **Gorbunova O.V., Nam G.E., Paderno P.I.** Evaluation of the Economic Efficiency of Innovative Digital Solutions for Safety Management in the Construction Industry. *XXI Century: Resumes of the Past and Challenges of the Present Plus*. 2025;14(3(71)):203-212.

17. **Протокол Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам №12пр. от 20.12.2024 г. Национальный проект «Экономика данных и цифровая трансформация государства» (НЭД).** URL: <https://digital.gov.ru/target/naczionalnyj-proekt-ekonomika-dannyh-i-czifrovaya-transformacziya-gosudarstva> (дата обращения 02.11.2025).

17. **Protocol of the Presidium of the Council Under the President of the Russian Federation for Strategic Development and National Projects No. 12. The National Project “Data Economy and Digital Transformation of the State” (NED)** [Internet]. 2024 Dec 20 [cited 2025 Nov 02]. Available from: <https://digital.gov.ru/target/naczionalnyj-proekt-ekonomika-dannyh-i-czifrovaya-transformacziya-gosudarstva>.

**Информация об авторах:**

**Горбунова Ольга Владимировна** – кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры техносферной безопасности Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета ФГБОУ ВО «СПбГАСУ». Международные идентификационные номера автора: Scopus-Author ID 58855116000, Author-ID-РИНЦ 300968.

**Падерно Павел Иосифович** – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры информационных систем Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им В. И. Ульянова (Ленина). Международные идентификационные номера автора: Scopus-Author ID 57128607900, Author-ID-РИНЦ 403133.

**Information about the authors:**

**Gorbunova Olga Vladimirovna** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Technosphere Safety of Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering; the author’s international identifiers: Scopus Author ID: 58855116000, RSCI Author ID: 300968.

**Paderno Pavel Iosifovich** – Doctor of Engineering, Professor, Honoured Worker of Science of the Russian Federation, Professor at the Department of Information Systems of Saint Petersburg State Electrotechnical University “LETI” named after V.I. Ulyanov (Lenin); the author’s international identifiers: Scopus-Author ID: 57128607900, RSCI AuthorID: 403133..

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.**

**Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.**

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**The authors declare no conflicts of interests.**

**Статья поступила в редакцию 23.01.2026; одобрена после рецензирования 13.02.2026; принята к публикации 16.02.2026. Рецензент – Обознов А.А., доктор психологических наук, профессор, член редакционного совета журнала «Эргодизайн»**

**The paper was submitted for publication on the 23<sup>th</sup> of January 2026; approved after the peer review on the 13<sup>th</sup> of February 2026; accepted for publication on the 16<sup>th</sup> of February 2026. Reviewer – Oboznov A.A., Doctor of Psychology, Professor, member of the editorial board of the journal “Ergodesign”.**