ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

CC BY

УДК 621.316.91

Оптимизация подходов к прогнозированию, выявлению и минимизации рисков на производстве

К.А. Богач, Е.В. Стасева
Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация
В работе рассмотрены преимущества применения цифровых технологий, а также различных методов анализа, прогнозирования и выявления рисков на предприятиях. Представлен интегрированный алгоритм управления рисками. Цель исследования заключается в анализе современных подходов к риск-менеджменту и оценке возможностей использования цифровых технологий для прогнозирования и идентификации рисков в деятельности предприятия. Полученные результаты могут быть полезны специалистам в области охраны труда, руководителям компаний и предприятий, заинтересованным в разработке и внедрении современных методов и технологий, направленных на управление производственными рисками и мониторинг их последствий.

Ключевые слова: мониторинг, анализ, производственные риски, метод, технологии, охрана труда

Для цитирования. Богач К.А., Стасева Е.В. Оптимизация подходов к прогнозированию, выявлению и минимизации рисков на производстве. *Молодой исследователь Дона*. 2026;11(5):52–58.

Optimization of Approaches to Forecasting, Identification, and Minimization of Occupational Risks

Kirill A. Bogach, Elena V. Staseva
Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract
The article studies the advantages of using digital technologies, as well as various enterprise risk-analysing, -forecasting, and -identifying methods. An integrated risk management algorithm has been presented. The study aims to analyse the up-to-date approaches to risk management and assess the potential of using digital technologies for forecasting and identifying the risks within the enterprise operations. The research findings may be useful to the occupational safety experts, managers of the companies and enterprises keen in developing and implementing advanced methods and technologies of occupational risk management and risk consequences monitoring.

Keywords: monitoring, analysis, occupational risks, method, technologies, occupational health and safety protection

For Citation. Bogach KA, Staseva EV. Optimization of Approaches to Forecasting, Identification, and Minimization of Occupational Risks. *Young Researcher of Don.* 2026;11(5):52–58.

Введение. Современные производственные процессы становятся все более сложными, вследствие чего возрастают требования к безопасности труда на предприятиях, где они применяются. Эффективное управление производственными рисками в таких условиях является важным фактором обеспечения бесперебойной работы производств. Производственные риски могут приводить к серьезным последствиям: авариям, инцидентам, простоям и угрозам здоровью работников. Данная проблема усугубляется развитием технологий, поэтому для современных предприятий особенно важно постоянно совершенствовать способы мониторинга, обнаружения, прогнозирования и устранения производственных рисков.

В научной литературе вопросы управления рисками на производстве рассматриваются в широком спектре исследований — от классических подходов, основанных на FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), HAZOP (Hazard and Operability Study) и матрицах риска, до современных методов, связанных со статистическим модели-

© Богач К.А., Стасева Е.В., 2026

рованием и цифровизацией анализа данных. Современные исследования в области управления производственными рисками преимущественно сосредоточены на отдельных проблемах производства, тогда как недостаточное применение комплексного подхода к анализу рисков затрудняет разработку оптимальных методик их выявления, оценки и формирования мер по снижению с учетом специфики конкретного производственного процесса.

Цель данного исследования — провести анализ существующих методик прогнозирования, выявления и минимизации производственных рисков для определения возможности интеграции цифровых способов оптимизации, а также выявить сильные стороны каждого из рассмотренных методов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: провести анализ существующих методологий управления производственными рисками и определить их преимущества, предложить интегрированный алгоритм управления рисками, проанализировать возможность применения цифровых технологий для управления рисками на производстве.

Объектом исследования является система управления производственными рисками на предприятиях. Предметом исследования выступают методы и инструменты прогнозирования, выявления и минимизации производственных рисков. Научная новизна работы заключается в изучении методологий, позволяющих адаптировать стратегии управления рисками к различным производственным условиям. Практическая значимость исследования состоит в возможности применения рассмотренных подходов для повышения надежности производственных процессов, сокращения числа несчастных случаев, а также оптимизации производственной деятельности в целях обеспечения безопасности труда и качества продукции.

Основная часть. В целях анализа существующих методик прогнозирования, выявления и минимизации производственных рисков, а также определения возможности интеграции цифровых способов оптимизации был реализован следующий алгоритм действий: сформулированы цели и задачи исследования, выбраны объект и предмет исследования, определены научная новизна и практическая значимость работы.

Были выбраны следующие методики:

– Метод FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) — использован для структурированной оценки отказов оборудования и технологических операций. Его выбор обусловлен возможностью систематизации рисков;

– Метод HAZOP (Hazard and Operability Study) — выбран для выявления сценариев, связанных с отклонениями технологических параметров (скорость, подача, температура, допуски) от проектных значений;

– Матричный метод оценки рисков — применяется для выявления и ранжирования опасностей исходя из вероятности их реализации и тяжести последствий;

– Метод «Галстук-бабочка» — использовался для визуализации причинно-следственных связей с учетом возможных рисков;

– Метод STAMP (Systems-Theoretic Accident Model and Processes) — подходит для системного анализа управления безопасностью на уровне процессов и взаимодействий между подсистемами.

Выбор совокупности методов обусловлен необходимостью охватить все этапы риск-цикла — от прогнозирования до минимизации — и учесть различные уровни проявления рисков. Для сбора данных был использован метод анализа методологий, прогнозирования их применения и оценки возможностей использования цифровых технологий.

Применение различных методов анализа производственных рисков играет значимую роль в обеспечении безопасности и сохранении здоровья работников, а также в оптимизации производственных процессов. Такие методы способствуют выявлению потенциальных угроз, устранению допущенных ошибок, а также оценке вероятности их возникновения и возможных последствий. Основная цель исследования заключается в демонстрации преимуществ и возможностей применения информационных технологий, а также в рассмотрении различных методов анализа, прогнозирования и выявления рисков на предприятии.

Интегрированный алгоритм управления рисками и цифровые технологии. В результате функционирования различных производственных процессов на предприятиях возникают профессиональные риски. Профессиональный риск — это вероятность причинения вреда жизни и (или) здоровью работника вследствие воздействия на него вредного и (или) опасного производственного фактора при исполнении трудовой функции с учетом возможной тяжести повреждения здоровья [1][1].

Согласно статье 209.1 Трудового кодекса Российской Федерации[2][2], в которой изложены основополагающие принципы обеспечения безопасности труда, выявление, оценка и минимизация профессиональных рисков играют важную роль в сфере охраны труда как элемент сохранения жизни и здоровья работников, обеспечения безопасных и благоприятных условий труда, а также постоянного совершенствования системы управления охраной труда (СУОТ).

[1] *Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ. Статья 209. Основные понятия.* URL: https://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/78f36e7afa535cf23e1e865a0f38cd3d230eecf0/?ysclid=mp3vvrpbq4909944207 (дата обращения: 09.03.2026).

[2] *Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ. Статья 209.1. Основные принципы обеспечения безопасности труда*. URL: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=504709&pieceId=sX&ysclid=mp3vzcf917704551356 (дата обращения: 09.03.2026).

https://mid-journal.ru

Предприятиям целесообразно использовать алгоритм интегрированного управления рисками для выбора конкретной стратегии риск-менеджмента. Создание современных и безопасных условий труда позволит обеспечить соответствие рабочих мест государственным нормативным требованиям охраны труда, модернизировать применяемые методы анализа и контроля рисков на производстве, а также совершенствовать производственные и технологические процессы. Алгоритм, например, может включать такие действия, как: идентификация рисков; анализ и оценка; определение мероприятий; разработка мероприятий; реализация мероприятий; мониторинг и коррекция; обратная связь.

Идентификация рисков заключается в выявлении угроз, способных повлиять на состояние здоровья работников предприятия. Этап анализа и оценки рисков, в свою очередь, направлен на определение вероятности наступления негативных событий и их возможных последствий. Определение и разработка мероприятий предполагают выбор оптимального подхода к снижению производственных рисков и реализацию мер по их минимизации. Далее обязательным этапом является внедрение выбранных мероприятий для создания безопасных условий труда и снижения вероятности несчастных случаев. Неотъемлемым элементом выступают мониторинг и коррекция, целью которых является реагирование на происходящие изменения, а также принятие решений по их устранению и минимизации для сохранения жизни и здоровья работников предприятия. Не менее значимым элементом является обратная связь — анализ полученных мнений относительно реализованных мероприятий с целью выявления новых аспектов в понимании проблемы и последующей оптимизации стратегии мониторинга и управления производственными рисками.

Предприятиям следует внедрять цифровые технологии для управления рисками, например, такие, как:

– Снижение аварийности с помощью искусственного интеллекта: дает возможность использовать различные устройства (датчики, умные камеры и т. д.) для сбора данных и постоянного мониторинга условий труда работников;

– Цифровая платформа мониторинга — помогает применять корпоративные информационные системы и интегрировать в них различные механизмы и аналитические инструменты;

– Автоматизация анализа рисков на производстве — позволяет быстрее решать задачи, увеличивать объем анализируемых данных, упрощать их сбор и внедрять автоматизированные системы для отслеживания отдельных показателей.

Методы прогнозирования и выявления рисков. С целью идентификации, прогнозирования, анализа и мониторинга рисков предприятия применяют различные методы. Они позволяют не только определить природу возникновения рисков, но и оценить вероятность их реализации, а также возможные последствия. Данные методы помогают обнаруживать риски, которые обычно трудно выявить.

Существуют различные методы анализа, прогнозирования и выявления рисков. В данной работе рассмотрены следующие методы:

– Метод FMEA (Failure Mode and Effect Analysis);

– Метод HAZOP (Hazard and Operability Study);

– Матричный метод оценки рисков;

– Метод «Галстук-бабочка»;

– Метод STAMP (Systems-Theoretic Accident Model and Processes).

Метод FMEA (Failure (отказ), Mode (режим работы), Effect (результат), Analysis (анализ)) представляет собой структурированный подход к исследованию возможных сценариев отказа систем и их последствий. Его цель заключается в устранении дефектов или минимизации их негативного влияния посредством заблаговременного выявления и оценки рисков на стадиях разработки, изготовления либо усовершенствования. Метод FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) отражен в положениях национального стандарта Российской Федерации ГОСТ Р 27.303-2021 [3][3].

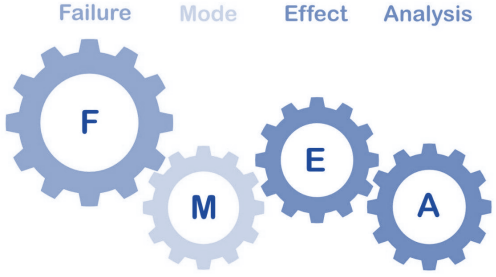

Рис. 1. Метод FMEA: Failure (Отказ), Mode (Режим работы), Effect (Результат), Analysis (Анализ)

[3] ГОСТ Р 27.303-2021 *Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов: дата введения 01.01.2022. Москва: Общероссийский классификатор стандартов.* 2021. 66 с.

Основные действия метода включают декомпозицию процесса на отдельные элементы, или функциональные блоки, определение функций и стандартов функционирования каждого элемента, а также идентификацию видов отказов, предполагающую выявление возможных нарушений работы системы и оценку их последствий.

Метод HAZOP (Hazard and Operability Study) — это метод, основной целью которого является идентификация потенциальных отклонений посредством детализации проблем системы безопасности предприятия, а также анализа характерных рисков, связанных с нарушением работоспособности систем.

Метод HAZOP (Hazard and Operability Study) основан на применении управляющих слов, которые позволяют установить, по каким причинам цели проектирования или условия функционирования не достигаются на каждом этапе проекта, процесса, процедуры либо системы [1].

Данный метод рекомендуется реализовывать поэтапно для выполнения следующих процедур:

– Определение целей и области применения исследования — формулирование задач, подлежащих решению, установление масштабов исследования и ожидаемых результатов;

– Установление набора ключевых и управляющих слов для исследования с целью определения направленности работы;

– Формирование группы HAZOP из экспертов по основным и смежным дисциплинам, проектировщиков и производственного персонала, способных провести необходимую техническую экспертизу, а также оценить воздействие отклонений от намеченного или существующего проекта;

– Определение и сбор необходимой документации, чертежей и описаний технологического процесса;

– Анализ каждой основной единицы оборудования, всего вспомогательного оборудования и контрольно-измерительной аппаратуры с использованием документов, собранных на предыдущем этапе;

– Документальное подтверждение каждого отклонения от нормы и соответствующих состояний; выявление способов обнаружения и/или предупреждения отклонений.

Данный метод может быть интегрирован в систему управления охраной труда и мониторинга рисков в формате мобильного приложения. Такое решение позволит фиксировать этапы, на которых возникают отклонения, а также сделать инструмент максимально удобным для использования как на смартфоне, так и на планшетном компьютере [2].

Матричный метод оценки рисков является одним из наиболее простых и распространенных в практическом применении. Матричный подход к оценке рисков в сфере охраны труда представляет собой структурированный процесс выявления и ранжирования опасностей на рабочих местах. Он базируется на применении матрицы (рис. 2), в которой риск определяется путем сопоставления вероятности наступления неблагоприятного события с потенциальной тяжестью его последствий. Данный метод обеспечивает наглядное представление рисков, их классификацию по степени опасности и определение приоритетов при разработке мер по их минимизации.

Уровни тяжести последствий (U)		**Уровни вероятности последствий (P)**				
		1	2	3	4	5
		Практически исключено	Маловероятно	Возможно	Вероятно	Характерно
1	Пренебрежительно малый	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
2	Незначительный	**2**	**4**	**6**	**8**	**10**
3	Значительный	**3**	**6**	**9**	**12**	**15**
4	Высокий	**4**	**8**	**12**	**16**	**20**
5	Экстремальный	**5**	**10**	**15**	**20**	**25**

Рис. 2. Матрица оценки рисков

Изначально определяются потенциальные риски с учетом специфики работ, выполняемых на предприятии, а также устанавливается вероятность их реализации. Вероятность риска оценивается по шкале от 1 до 5, где 1 — крайне низкая вероятность наступления риска, а 5 — очень высокая вероятность. Затем проводится оценка возможного ущерба, включая получение травм легкой степени тяжести, ушибов и иных повреждений.

Метод «Галстук-бабочка» получил свое название в связи с тем, что предполагает графическое построение диаграммы (рис. 3), в левой части которой отображаются вероятные причины возникновения рисков, а в правой — последствия, развитие которых возможно под воздействием соответствующих причин. В центре диаграммы располагается событие, приводящее к формированию риска. Кроме того, в левой части диаграммы размещаются блоки «предупреждающие меры» — это мероприятия, предлагаемые для предотвращения причин, вследствие которых риск может реализоваться.

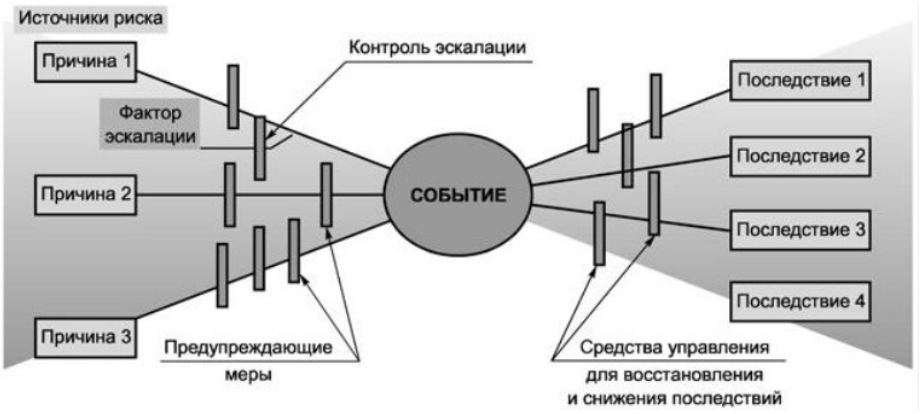

Рис. 3. Метод галстук-бабочка графическая диаграмма [3]

Данный метод можно интегрировать с современными информационными технологиями, например, с базами данных, поскольку метод «Галстук-бабочка» также представляет собой совокупность определенных компонентов, объединенных в единую рабочую систему данных. Цифровизация данного подхода позволит осуществлять деятельность в режиме реального времени, обеспечивая непрерывную корректировку таких элементов, как предупреждающие меры, средства управления производственными процессами, источники производственных рисков. Это может положительно сказаться на функционировании предприятия за счет повышения продуктивности специалистов в области охраны труда, поскольку оптимизация процесса позволит сократить временные затраты, упростить внесение изменений и увеличить объем обрабатываемой информации. В результате повысится уровень понимания взаимосвязей между всеми составляющими системы.

STAMP (системно-теоретическая модель аварий и процессов) — метод, разработанный английским профессором Н. Левисон, который позволяет проводить анализ безопасности в сложных производственных системах с целью сохранения здоровья работников на основе системного мышления и теории управления производственными процессами. Система в рамках STAMP рассматривается как иерархия уровней управления, где поведение и свойства верхних уровней являются следствием взаимодействия элементов, расположенных на более низких уровнях. При анализе и мониторинге рисков данная методология учитывает широкий спектр факторов, включая не только физические опасности (механические, электрические, химические, биологические, термические), но и более абстрактные аспекты, такие как управленческие решения, экологические условия и социальные ограничения. Вместе с тем данный метод неудобен при оценке рисков в системах с большим количеством задач, поскольку его реализация требует значительных временных затрат. Если с помощью цифровых технологий удастся решить указанную проблему, метод может стать эффективным инструментом в области охраны труда при анализе и мониторинге производственных рисков, аварий и текущих процессов выявления ошибок в работе, а также при разработке мероприятий по их устранению.

На основе данного подхода был разработан метод STPA (рис. 4). Системно-теоретический анализ процессов (STPA) представляет собой методологию оценки рисков и прогнозирования инцидентов. Его ключевая задача — всестороннее выявление траекторий, ведущих к нарушению установленных ограничений безопасности. Процесс включает идентификацию критических ограничений безопасности, определение опасных действий и условий, а также детальный анализ механизмов управления с целью обнаружения потенциальных отказов и ошибок.

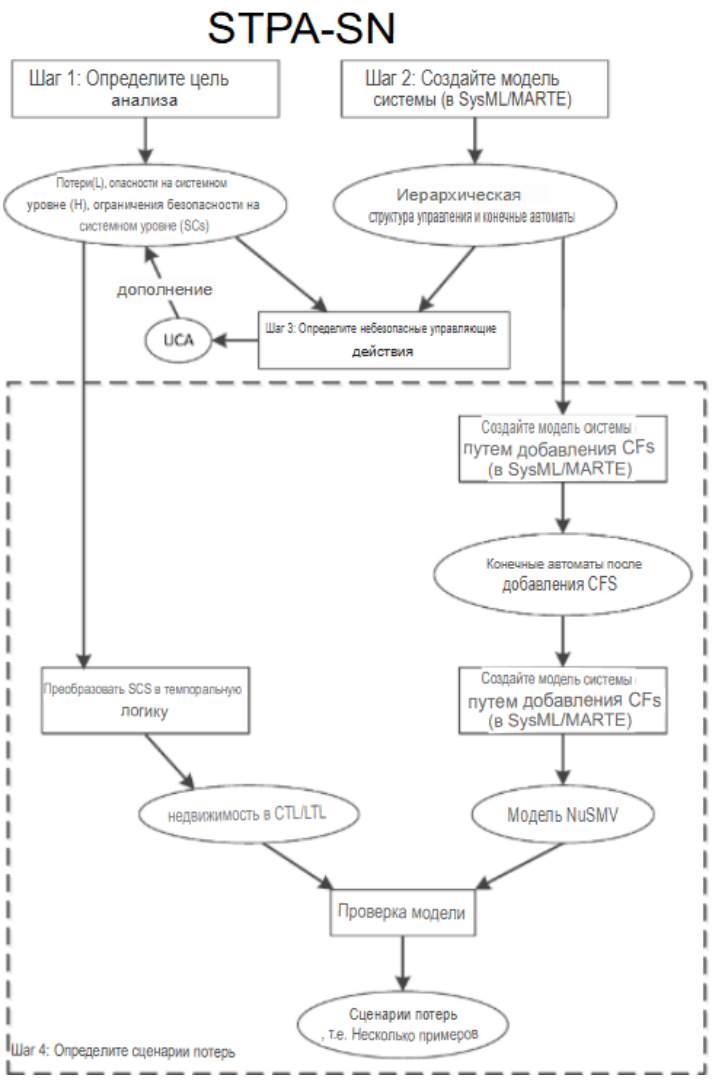

Рис. 4. Метод STPA структурная схема

Ключевое различие между методами STPA и STAMP заключается в том, что первый характеризуется более прикладным системным подходом и направлен на выявление опасностей, их прогнозирование посредством анализа системы управления охраной труда, а также на обнаружение возможных ошибок.

Цифровые технологии целесообразно применять для вовлечения персонала в управление рисками и формирования осознанного отношения к потенциальным угрозам. Их использование позволит обеспечить:

– возможность коммуникации работников со специалистами в области охраны труда;

– возможность информирования и обучения работников требованиям охраны труда;

– более активное участие персонала в мониторинге рисков;

– напоминание о системах поощрения, если они предусмотрены на предприятии.

Заключение. В статье рассмотрены различные методы оценки рисков и их последствий на предприятиях, а также предложено использование цифровых технологий для повышения эффективности и производительности деятельности организации, оптимизации процессов, мониторинга производственных рисков и обеспечения доступности информации для работников различных структурных подразделений.

Исследование показывает, что метод FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) обеспечивает системный подход к идентификации и оценке потенциальных рисков технологического процесса. Его ключевые преимущества заключаются в высокой степени структурированности и возможности получения количественной оценки риска. Метод HAZOP (Hazard and Operability Study) следует применять для анализа отклонений технологических параметров. Данный подход является наиболее подходящим инструментом для выявления скрытых сценариев нарушений. Матричный метод оценки рисков отличается простотой использования, доступностью интерпретации результатов для производственного персонала, а также совместимостью с требованиями стандартов в области охраны труда и промышленной безопасности. Метод «Галстук-бабочка» целесообразно применять для визуализации причинно-следственных связей. Его следует использовать благодаря наглядности и способности одновременно отображать сценарии предотвращения опасных событий и меры по снижению тяжести их последствий.

https://mid-journal.ru

Это позволяет выявлять «слабые звенья» в существующих мерах контроля и разрабатывать мероприятия по минимизации производственных рисков. Преимуществом метода STAMP (Systems-Theoretic Accident Model and Processes) является системный анализ управления безопасностью на уровне процессов и взаимодействий между подсистемами. Интегрированный алгоритм управления рисками с использованием цифровых технологий объединяет преимущества всех рассмотренных методов и повышает устойчивость системы управления производственными рисками.

Оптимизация подходов к прогнозированию, выявлению и минимизации рисков на производстве позволяет предприятию получить несколько значимых преимуществ: снижается количество несчастных случаев, аварий и инцидентов, формируется культура безопасного производства, совершенствуются системы мониторинга последствий. Применение цифровых технологий в управлении рисками также способствует улучшению систем анализа и выявления угроз на предприятии.

Список литературы

1. *Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков.* Приказ Минтруда России от 28.12.2021 N 926. URL: https://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_406016/f0aaeebf1e626de677f1c1987456a832c708724d (дата обращения: 10.03.2026).

2. Ажеронок В.А., Островерх А.В., Радченко М.Г., Хрусталева Е.Ю. *Разработка интерфейса прикладных решений на платформе «1С: Предприятие».* 902 с.

3. *Автоматизация и применение метода "галстук-бабочка" (bow-tie) при анализе риска согласно ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011*. URL: https://old.riskgap.ru/bow-tie (дата обращения: 10.03.2026).

Об авторах:

Кирилл Андреевич Богач, магистрант кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), bogach.k@gs.donstu.ru

Елена Владимировна Стасева, кандидат технических наук, доцент кафедры «Производственная безопасность» Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), elena_staseva@mail.ru

Конфликт интересов: **авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Kirill A. Bogach, Master's Degree Student of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), bogach.k@gs.donstu.ru

Elena V. Staseva, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Industrial Safety Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), elena_staseva@mail.ru

Conflict of Interest Statement: **the authors declare no conflict of interest.**

All authors have read and approved the final manuscript.