

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 331.45

Оценка профессиональных рисков с учётом специфики машиностроительных предприятий

А.С. Шаповалова, И.Г. Дейнека

Луганский государственный университет имени Владимира Даля, г. Луганск, Российская Федерация

Аннотация

Представлены результаты оценки рисков травматизма на машиностроительных предприятиях. Актуальность оценки профессиональных рисков в этой области обусловлена высокой вероятностью травматизма и профессиональных заболеваний, что связано со сложностью оборудования и производственных процессов, а также использованием опасных веществ. Целью работы является анализ существующих международных подходов к идентификации, анализу и оценке рисков. Сделан акцент на разработке методики, адаптированной к специфике машиностроительной отрасли.

Ключевые слова: профессиональные риски, машиностроительные предприятия, оценка рисков, идентификация опасностей, методы оценки риска

Для цитирования. Шаповалова А.С., Дейнека И.Г. Оценка профессиональных рисков с учётом специфики машиностроительных предприятий. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(5):46–50.

Assessment of the Occupational Risks with Respect to the Specifics of Mechanical Engineering Enterprises

Anna S. Shapovalova, Innesa G. Deyneka

Lugansk State University Named after Vladimir Dahl, Lugansk, Russian Federation

Abstract

The article presents the results of injury risk assessment at mechanical engineering enterprises. The relevance of assessing occupational risks in this sector is induced by the high probability of injuries and occupational diseases that arise from the complexity of equipment and production processes, as well as from the use of hazardous substances. The aim of the article is to analyse the existing international approaches to risk identification, analysis and assessment. The focus of the study is development of a methodology adapted to the specifics of the mechanical engineering industry.

Keywords: occupational risks, mechanical engineering enterprises, risk assessment, risk identification, risk assessment methods

For Citation. Shapovalova AS, Deineka IG. Assessment of the Occupational Risks with Respect to the Specifics of Mechanical Engineering Enterprises. *Young Researcher of Don*. 2025;10(5):46–50.

Введение. Машиностроительные предприятия часто работают с высокоточными, сложными и высокоскоростными механизмами. Это создает риски травм при обслуживании, ремонте и эксплуатации, а также в ситуациях, непредвиденных, например, при поломках или сбоях в работе. Опасность возрастает при взаимодействии работника с высокоскоростными механизмами, требующими высокой точности.

Производство деталей и узлов часто связано с использованием различных химических веществ, смазочных материалов, лакокрасочных покрытий и охлаждающих жидкостей. Многие из этих веществ являются токсичными, канцерогенными или раздражающими. Неправильное обращение с ними может привести к отравлениям, аллергическим реакциям, хроническим заболеваниям и другим негативным последствиям для здоровья сотрудников.

На машиностроительных предприятиях широко применяются станки с вращающимися частями, прессы, сварочные установки, системы высокого давления и другое оборудование. Несоблюдение правил безопасности при работе с этим оборудованием может приводить к травмам различной степени тяжести — от ушибов до ампутаций. Таким образом, на машиностроительных предприятиях существуют риски, связанные не только с непосредственным взаимодействием с оборудованием, но и с потенциальными взрывами, пожарами и другими авариями.

Описанная специфика, связанная со сложными технологиями и использованием опасных веществ, подчеркивает актуальность оценки профессиональных рисков на предприятиях машиностроительной отрасли.

Основная часть. Оптимизация оценки рисков в машиностроительных предприятиях — задача непростая, связанная не только со спецификой самих предприятий, но и с вероятностным и неопределённым характером риска. Создать единый, простой и универсальный метод для всех предприятий невозможно. Поэтому мы предлагаем обзор наиболее распространённых международных подходов к идентификации, анализу и оценке рисков, включая их комбинации и варианты последовательного или параллельного применения.

Метод «Перечень контрольных вопросов» (англ. — Check List) представляет собой список рисков, основанный на опыте и предварительной оценке. Данный метод может быть использован на всех этапах работ, включая интеграцию с другими методами идентификации опасностей и оценки рисков. Его эффективность максимальна при оценке рисков на стабильных, длительно функционирующих рабочих местах с установленными операционными процедурами и хорошо изученными технологическими процессами. Однако его недостатком может стать недостаточная детализация и пропуск ключевых аспектов при формулировании вопросов [1].

Метод «Что – если» (англ. — Structured What — If Technique (SWIFT)) предлагает систематический подход к анализу параметров безопасности, выявляя потенциальные отклонения от установленных норм. Этот инструмент способствует идентификации непредвиденных сценариев и может стать основой для более глубокой (включая количественную) оценки рисков. Тем не менее, SWIFT требует высококвалифицированных экспертов и может быть ограничен в учете сложных взаимозависимостей в системе [2, 3].

Метод Элмери (англ. — ELMERI system) представляет собой практичный подход к оценке уровня безопасности, основанный на наблюдательных данных. Этот метод охватывает ключевые аспекты охраны труда, такие как применение средств индивидуальной защиты, организацию рабочего пространства, безопасность при эксплуатации оборудования, соблюдение гигиенических норм и принципы эргономики. На основе наблюдений за конкретным рабочим местом эксперты заполняют оценочный лист, после чего проводится анализ оценок и рассчитывается «индекс Элмери», отражающий уровень безопасности на рабочем месте.

Матрица последствий и вероятностей (англ. — Risk matrix) служит инструментом для классификации рисков и установления их приоритетности. Она часто используется для предварительной оценки, когда выявлено несколько различных рисков, и необходимо определить наиболее критичный для последующего управления. Однако одним из недостатков данного метода является возможность недооценки реального уровня риска [3, 4].

Метод Файн-Кинни (англ. — Fine&Kinney Method) оценивает риск по трем факторам: частота, вероятность и последствия. Его недостаток — субъективность оценки, а также необходимость привлечения значительных ресурсов и затрат времени на его реализацию [3, 4].

Метод «Исследование опасности и трудоспособности» (англ. — Hazard and Operability study (HAZOP)) направлен на выявление потенциальных опасностей на завершающих стадиях проектирования и подготовки соответствующей документации. Этот подход позволяет не только идентифицировать и классифицировать опасности, но и помогает находить неясности в инструкциях по безопасности, что в дальнейшем содействует их улучшению. Однако следует отметить, что данный метод требует значительных ресурсов и сложен в процессе анализа [2, 3].

Анализ видов и последствий критичности отказов (англ. — Failure Mode, Effect and Criticality Analysis (FMECA / FMEA)) представляет собой методику, направленную на изучение сбоев в работе компонентов системы и их возможных последствий. Данный подход особенно актуален для сложных систем, однако его реализация требует значительных временных затрат. FMECA является расширенной версией FMEA и включает ранжирование каждого выявленного типа отказа в зависимости от его значимости или критичности [3, 4].

Анализ уровня защиты (англ. — Layer protection analysis, (LOPA)) состоит в идентификации определённых пар «причина-следствие» и уровнях защиты с последующим вычислением порядка величины для определения адекватности защиты с целью снижения риска до приемлемого уровня. Недостатком данного метода является невозможность одновременного рассмотрения нескольких пар «причина-следствие» [3, 4].

Техническое обслуживание, ориентированное на надёжность (англ. — Reliability centered maintenance (PCM)), формирует стратегии обслуживания, направленные на повышение эксплуатационной надёжности оборудования. Данный подход требует всестороннего понимания функционирования системы [3, 4].

Общая оценка надёжности человека (англ. — Human Reliability Assessment (HRA)) анализирует влияние человеческого фактора на безопасность. Сложность метода заключается в разнообразии человеческих ошибок и в их оценке [3, 4].

Таким образом, методы оценки рисков могут быть качественными, количественными или полуколичественными. Следовательно, для оценки рисков рекомендуется использовать ряд методов и их сочетания, основываясь на критериях применимости, которые делятся на три категории: всегда применимы, применимы и не применимы. В частности, для реализации процесса выявления опасностей целесообразно в первую очередь применять качественные методы (перечни контрольных вопросов, SWIFT, метод Элмери), основанные на исследовании условий труда в целом и/или составляющих факторов.

На выбор способа оценки риска влияют причины, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Обоснование выбора/применения методов оценки рисков

Название метода	Ресурсы	Характер и степень неопределенности	Сложность
«Перечень контрольных вопросов»	низкий	низкий	низкая
Метод «Что – если» (SWIFT)	средний	средний	любая
Метод Элмери	низкий	низкий	низкая
«Матрица последствий/ вероятности»	средний	низкий	высокая
Метод Файн—Кинни	средний	средний	средняя
Метод «Идентификации опасностей» (HAZID)	средний	средний	средняя
Метод «Исследование опасности и трудоспособности» (HAZOP)	средний	высокий	высокая
«Анализ видов и последствий и критичности отказов» (FMECA / FMEA)	средний	средний	средняя
«Анализ уровня защиты» (LOPA)	средний	средний	средняя
«Техническое обслуживание, ориентированное на обеспечение безотказности» (RCM)	средний	средний	средняя
«Общая оценка надежности человека» (HRA)	низкий	средний	низкая

Как видно из таблицы 1, анализируются критерии выбора методов оценки риска. Под ресурсами понимаются компетентность, опыт и квалификация экспертной группы оценки риска, а также материально-техническое обеспечение. Характер и степень неопределенности проявляются через качество, количество и полноту имеющейся информации о риске, его источниках, причинах возникновения и последствиях. Сложность в выборе метода оценки обусловлена количеством и номенклатурой необходимых данных, специализированных средств для проведения расчетов, а также затрачиваемым временем и другими факторами.

Проведенный анализ ключевых методов оценки рисков позволил выявить их преимущества и недостатки, области применения, а также ресурсные и временные затраты. Исходя из информации, полученной в результате анализа, стало ясно, что для идентификации рисков, основанной на исследовании условий труда, предпочтительными являются качественные методы. Однако применение указанных методов требует их адаптации к условиям и специфике предприятий машиностроения.

С учетом умеренных требований к необходимым ресурсам, низкой степени неопределенности результатов и невысокой сложности реализации, для практического использования наиболее привлекательными можно считать методы Элмери, Файн-Кинни и «Матрица последствий/вероятностей» (Таблица 1). Таким образом, предлагаемый подход к выбору методов, по всей видимости, обеспечит их использование на предприятиях машиностроения различных размеров и специфики. При этом учет особенностей конкретного предприятия может быть достигнут благодаря гибкому механизму системы оценок и индексации опасностей при реализации метода Элмери.

Описание проблемы. В России существует ряд государственных стандартов в области охраны труда и управления профессиональными рисками. В этих стандартах предлагаются различные методы и системы управления охраной труда на предприятиях, а также этапы и методы идентификации, оценки и анализа рисков. Наиболее универсальными среди этих стандартов являются: ГОСТ Р ИСО 45001–2020, ГОСТ 12.0.230.5–2018, эГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011, ГОСТ 12.0.010–2009 [4–7].

Анализ этих стандартов позволил выделить ряд этапов в оценке профессиональных рисков. На основе применения ранее описанных методов предлагается методика оценки профессионального риска на предприятиях машиностроения, которая представлена на рис. 1.

На этапах анализа и оценки рисков значительных результатов можно добиться с помощью количественных подходов, таких как «Матрица последствий и вероятностей» или метод Файн-Кинни. Также возможно применение методов, оценивающих уровень риска на основе отдельных оценок вероятности возникновения и значимости (тяжести) последствий, связанных с реализацией рисков.

При анализе рисков необходимо учитывать не только влияние отдельных угроз, но и их совокупность в различных сценариях, которые могут варьироваться от нормальных условий до аварийных ситуаций. Это требует изучения опасностей и рисков, связанных со сложной последовательностью событий, а также поведения комплексных технических систем или процессов. В этих случаях применяются балльные оценки различных степеней риска, позволяющие затем использовать математические методы для построения интегральной оценки или полуколичественные подходы (HAZOP, FMEA/FMECA, LOPA, RCM, HRA).

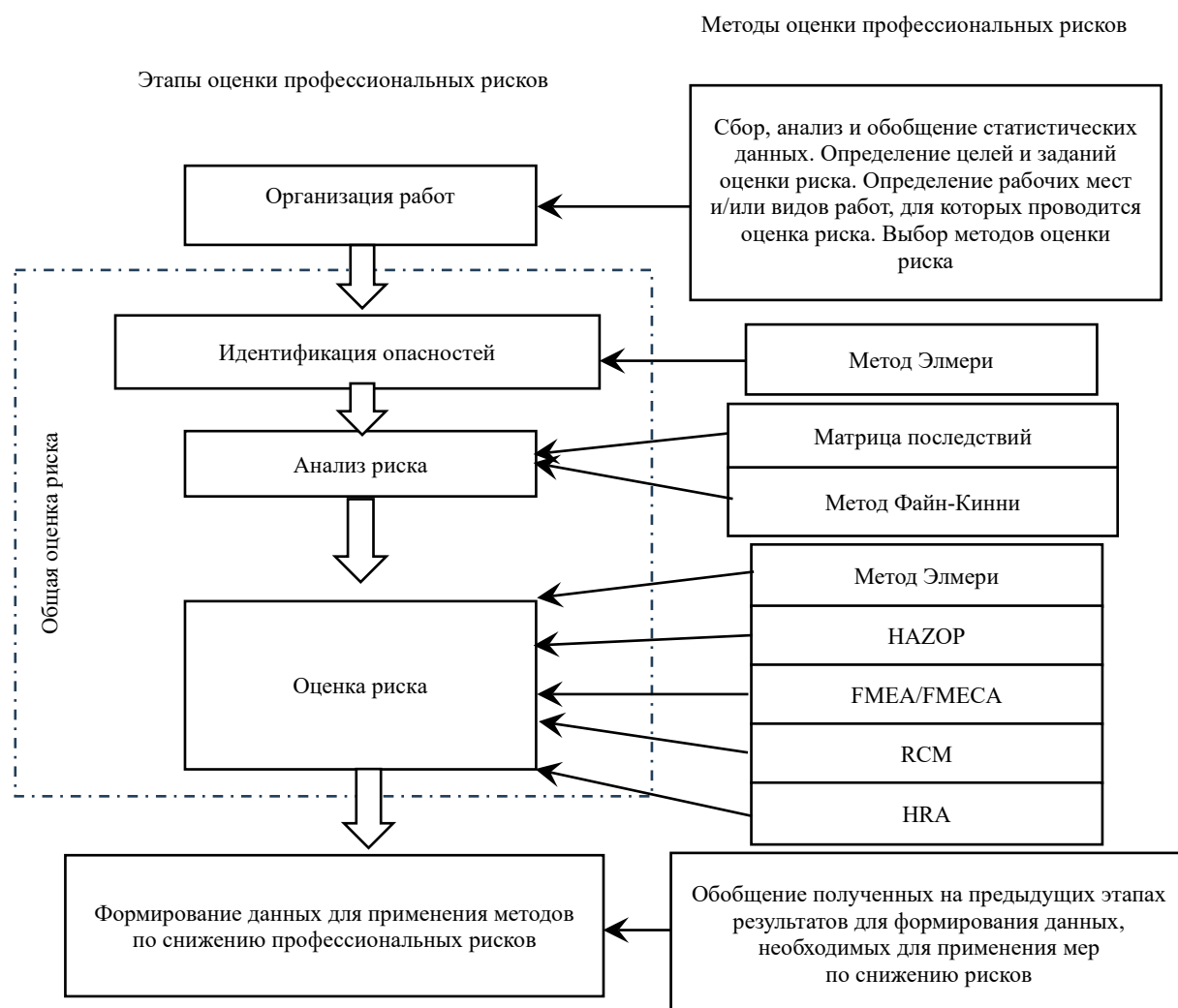


Рис. 1. Методика оценки профессионального риска [4]

Имплементация предложенной методики требует разработки и внедрения на предприятиях машиностроения информационной системы «Реестра профессиональных рисков». Эта система обеспечит автоматизацию сбора и обработки необходимых данных, расчетов и формирования отчетных документов, по оценке профессиональных рисков на основе выбранных методов. Очевидно, что разработка такой информационной системы потребует разработки, уточнений и разъяснений каждого из упомянутых методов.

Заключение. Комбинированный подход к оценке рисков, основанный на сочетании различных методов, является перспективным и требует дальнейшего изучения. Разработка и внедрение предложенной методики и информационной системы помогут повысить эффективность управления профессиональными рисками на машиностроительных предприятиях.

Согласно изложенным положениям, целесообразно сформулировать итог, который заключается в том, что использование комбинаций методов — осуществимая задача, предполагающая необходимость дальнейших исследований.

Список литературы

1. Чубова Е.В., Родимцев С.А. Методы анализа и оценки производственных рисков. В: *Труды восьмой региональной научно-практической конференции «Инновационные наукоемкие технологии»*. Тула, 30 июня 2021 года. Тула: Издательство "Инновационные технологии"; 2021. С. 49–62. URL: <http://www.semikonf.ru/upload/iblock/480/kstbzioxghzgzwlftlnakqnvav%20jzjmtbgvaojxuqxbptn%20jzxwzinninirmrazlcgg.pdf> (дата обращения: 15.03.2025).
2. Архипов Г.С. *Методы оценки профессионального риска*. URL: <https://base.garant.ru/76891253/> (дата обращения: 16.03.2025).
3. Смирнова Н.К., Нургазина А.А. Анализ и выбор методов оценки профессионального риска на рабочих местах. В: *Труды II национальной научной конференции «Наука XXI века: технологии, управление, безопасность»*. Курган, 21 апреля 2022 года. Курган: Изд-во Курганского государственного университета; 2022. С. 412–416.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010—2011. *Менеджмент риска. Методы оценки риска*. URL: https://smk.ssuwt.ru/_media/megdunar_ros_stand/gost_r_iso_31010_2011.pdf (дата обращения: 16.03.2025).
5. ГОСТ 12.0.230.5-2018. *Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Системы управления охраной труда. Методы оценки риска для обеспечения безопасности выполнения работ*. URL: <https://www.gk-trud.ru/docs/gost-12-0-230-5-2018.pdf> (дата обращения: 28.04.2025).
6. ГОСТ Р ИСО 45001-2020. *Системы менеджмента безопасности труда и охраны здоровья. Требования и руководство по применению*. URL: https://www.reph.ru/upload/GOST_45001-2020.pdf (дата обращения: 16.03.2025).
7. ГОСТ Р 12.0.010-2009. *Система стандартов безопасности труда. Система управления охраной*. URL: <https://ohranatruda.ru/upload/iblock/258/4293814090.pdf?ysclid=mff2o2847h163150429> (дата обращения: 16.03.2025).

Об авторах:

Анна Сергеевна Шаповалова, аспирант кафедры «Легкая и пищевая промышленность» Луганского государственного университета имени В. Даля (291034, ЛНР, г. Луганск, кв. Молодежный, д. 20А), ann_shap91@mail.ru

Иннеса Григорьевна Дейнека, доктор технических наук, профессор кафедры «Легкая и пищевая промышленность» Луганского государственного университета имени В. Даля (291034, ЛНР, г. Луганск, кв. Молодежный, д. 20А), kaf_lipp@mail.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

About the Authors:

Anna S. Shapovalova, Postgraduate Degree Student of the Light and Food Industries Department, Lugansk State University Named after Vladimir Dahl (20A, Molodezhnyi Quarter, Lugansk, 291034, Russian Federation), ann_shap91@mail.ru

Innesa G. Deyneka, Dr.Sci. (Engineering), Professor of the Light and Food Industries Department, Lugansk State University Named after Vladimir Dahl (20A, Molodezhnyi Quarter, Lugansk, 291034, Russian Federation), kaf_lipp@mail.ru

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

All authors have read and approved the final manuscript.