

Д. А. Скакунов

МЕТРИКИ ИНФОРМАТИВНОСТИ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ УРОВНЕЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ

Аннотация. В работе предложены метрики информативности методов оценки уровней профессиональных рисков и выполнен их сравнительный анализ. Для количественной оценки введен показатель относительной информативности, основанный на соотношении объема исходной и получаемой информации при применении метода. Результаты показали, что системные методы обладают наибольшей информативностью, тогда как качественные методы обеспечивают быстрый обзор потенциальных опасных событий. Работа демонстрирует возможность объективного выбора метода для конкретного источника опасности и технологического процесса, повышает эффективность оценки риска и служит основой для дальнейшего развития гибридных и автоматизированных инструментов анализа безопасности.

Ключевые слова: оценка уровней профессиональных рисков, методы оценки, опасное событие, показатель относительной информативности, анализ, дерево, метрики.

Для цитирования: Скакунов, Д. А. Метрики информативности методов оценки уровней профессиональных рисков / Д. А. Скакунов // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 1 – С. 86–92. –DOI 10.46973/1818-5509_2026_1_86.

Риск-ориентированные подходы в обеспечении безопасности трудового процесса подразумевают проведение оценки уровней профессиональных рисков. Методы, позволяющие провести такую оценку, регламентируются рядом национальных стандартов, включая ГОСТ Р МЭК 31010-2021 [1] и ГОСТ Р 58771-2019 [2], а также другими нормативно-методическими документами в области риск-менеджмента, а рекомендации по выбору этих методов приведены в Приказе Минтруда России от 28.12.2021 № 926 "Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков" [3]. Большое разнообразие методов оценки уровней профессиональных рисков приводит к проблеме принятия решения по выбору необходимого метода. Одним из недостатков, перечисленных выше источников, является отсутствие количественно измеримых показателей (унифицированных метрик), ориентируясь на которые можно было бы минимизировать долю субъективного фактора при принятии решения о том, какой именно метод использовать в процессе оценки уровней профессиональных рисков. Основной целью данных исследований является формулирование количественного показателя, выступающего в качестве критерия, характеризующего возможности известных методов оценки уровней профессиональных рисков.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- описание представления информации при использовании методов оценки уровней профессиональных рисков;
- количественная оценка информации при использовании методов.

Таким образом, основная идея данной работы заключается в том, чтобы, используя метрический подход к сравнению методов оценки уровней профессиональных рисков, количественно оценить степень информативности того или иного метода. Вся информация, связанная с используемым методом оценки уровней профессиональных рисков, была

разделена на две группы: информация, выступающая в качестве исходных данных, содержащая сведения метода, которые необходимы для его использования, и информация, являющаяся результатом использования метода.

Введем показатель относительной информативности метода, $I_{\text{э}}$:

$$I_{\text{э}} = \frac{I_{\text{к}}}{I_0},$$

где I_0 - количество информации, необходимое для использования метода; $I_{\text{к}}$ - количество информации, получаемой на выходе.

Чем больше значение, $I_{\text{э}}$, тем информативнее метод, используемый для оценки профессионального риска. Количество информации интерпретируется, как количество памяти, выделяемое персональной электронно-вычислительной машиной (ПЭВМ) для представления исходных, выходных параметров и параметров модели. Так, согласно [4, 5], для представления и оперирования целыми числами ПЭВМ использует 32 бита информации, для оперирования символьными переменными – 8 бит. Соответственно, складывая данные значения, можно определить, I_0 , $I_{\text{к}}$, и, $I_{\text{э}}$.

В качестве примера рассматривалось следующее опасное событие: «удар» – удар фрагментами разлетевшегося диска при выполнении работ с использованием угловой шлифовальной машины (УШМ).

Оценка показателя относительной информативности метода, $I_{\text{э}}$, осуществлялась с учетом условия, что все исходные данные заранее известны. Алгоритм определения, $I_{\text{э}}$, включал в себя набор ключевых терминов и словосочетаний, характеризующих опасное событие, и они распределялись по исходным данным и по значениям, получаемым на выходе использования того или иного метода. В случае выбора принималось максимально возможная интерпретация в качестве конечного результата.

Для проведения исследования были выбраны следующие методы оценки уровней профессиональных рисков:

- матричный метод (матрица 3х3 Европейского комитета по охране труда, представленная в Приказе Минтруда России от 28.12.2021 № 926 "Об утверждении Рекомендаций по выбору методов оценки уровней профессиональных рисков и по снижению уровней таких рисков");

- анализ Исикавы (метод рыбного скелета);
- анализ дерева событий (ЕТА);
- анализ дерева отказов (неисправностей) (FTA);
- анализ «галстук-бабочка» (ВТА);
- анализ причин и последствий (ССА);
- структурированный метод "Что, если?" (SWIFT).

Таким образом, на рисунках 1-5 и в таблице приведены примеры графического применения вышеуказанных методов [6-10].



Рис. 1. Пример диаграммы Исикавы (рыбный скелет)

Таблица

Пример результатов SWIFT-анализа

Направляющие слова (Что, если...?)	Идентифицирующее событие (отклонение)		Опасное событие
Диск дефектный	Разрушение диска	Отказ оборудования	Удар
Диск несвоевременно заменен			
Кожух УШМ неисправен	Отсутствие кожуха УШМ		
Не проверено наличие кожуха УШМ			
Работник не знает требований, не понимает опасность	Человеческий фактор		
На работника воздействуют физические факторы			
Не контролируются действия работника			

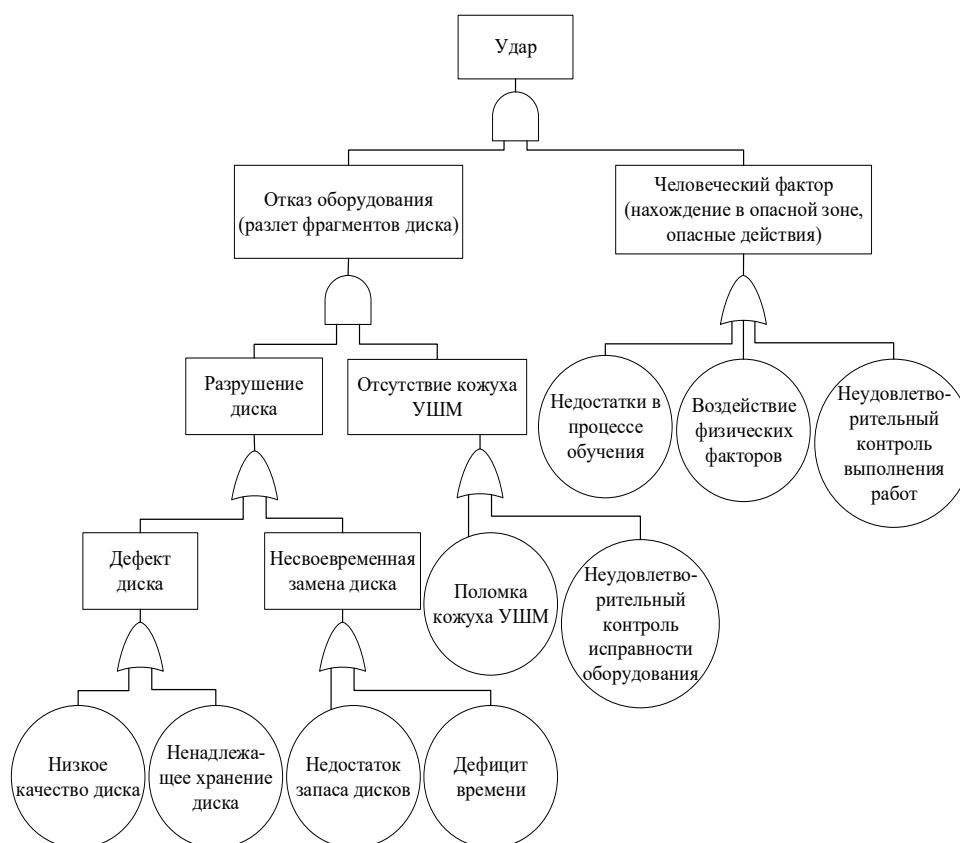


Рис. 2. Пример дерева отказов (неисправностей)

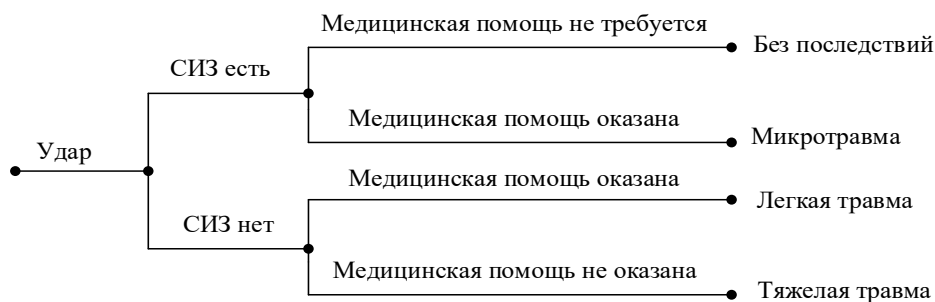


Рис. 3. Пример дерева событий

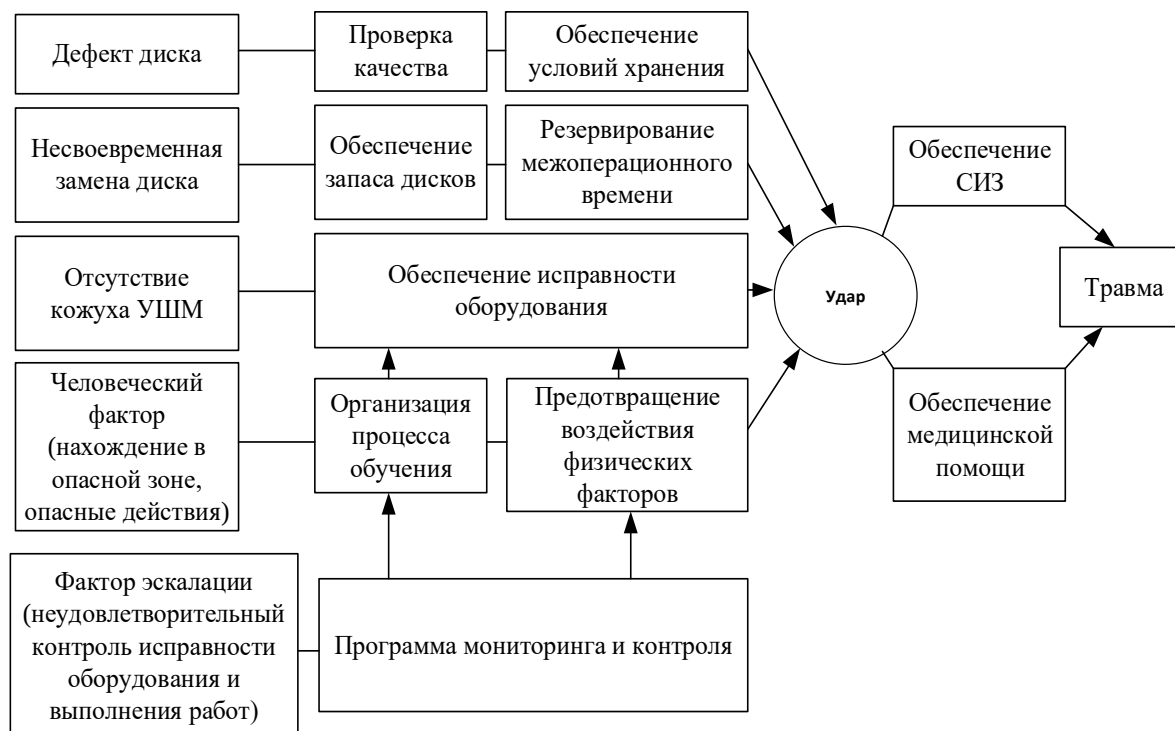


Рис. 4. Пример диаграммы галстук-бабочка

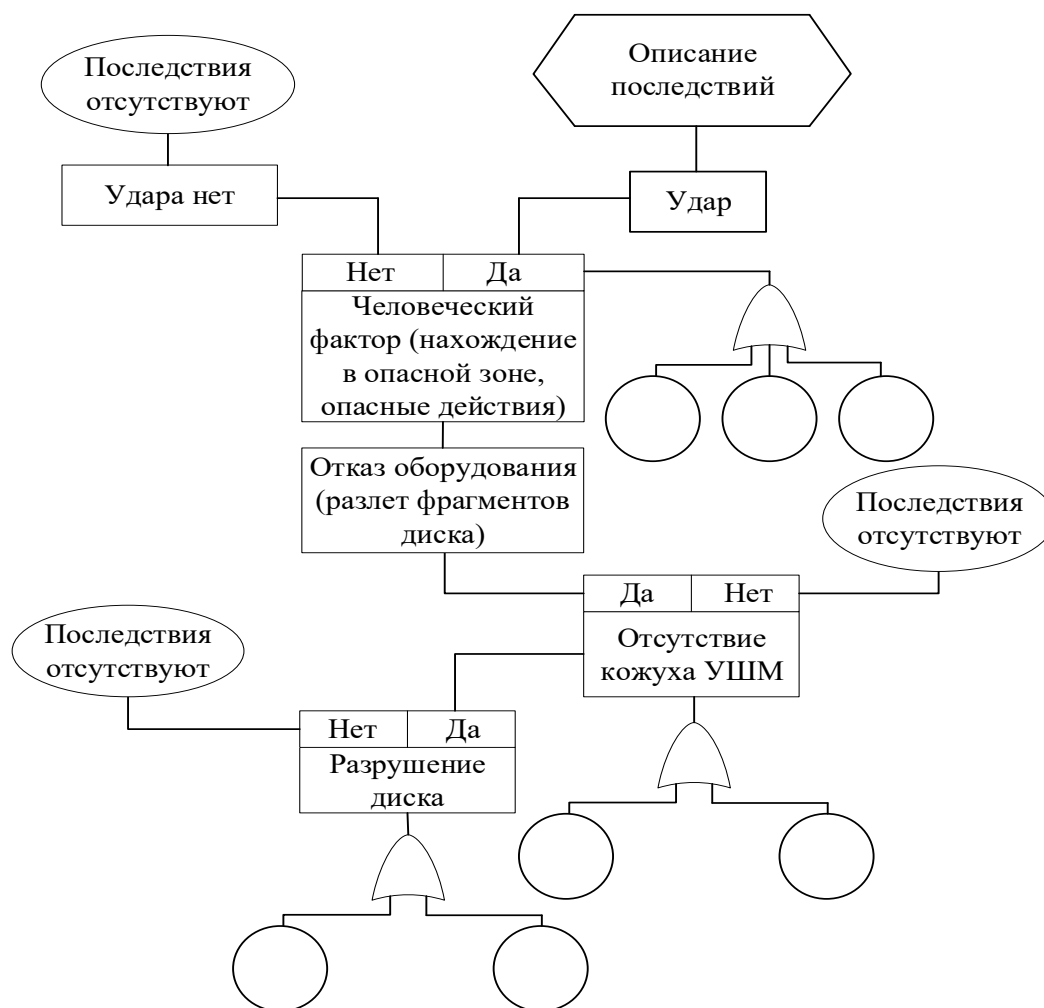


Рис. 5. Пример схемы анализа причин и последствий

В результате расчета исходных данных и конечных результатов при использовании вышеуказанных методов оценки уровней профессиональных рисков были получены значения показателя, I_3 , относительной информативности всех методов (рисунок 6).

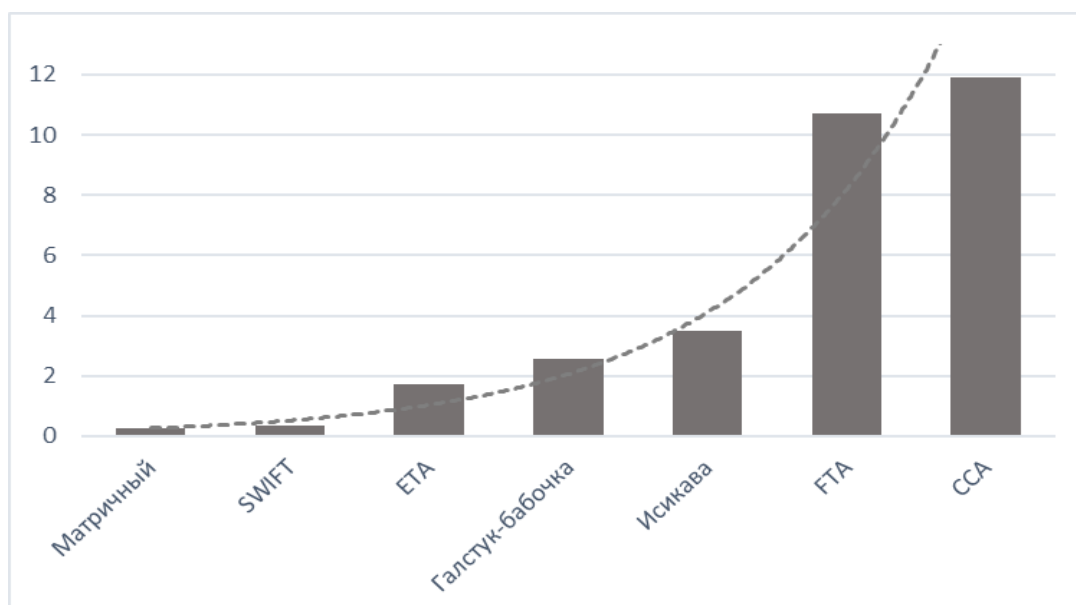


Рис. 6. Диаграмма значений показателя относительной информативности

Результаты были аппроксимированы.

Уравнение регрессии имеет вид: $y = 0,1303e^{0,6905x}$.

Величина достоверности аппроксимации: $R^2 = 0,9506$.

Результаты показали, что метод Анализ причин и последствий (11,91) и метод Анализ дерева отказов (10,69) обладают наибольшей информативностью, позволяя детально моделировать причинно-следственные цепочки, включая человеческий фактор и отказ оборудования. Матричный метод (0,24) продемонстрировал наименьший уровень информативности, что указывает на его ограниченную способность выявлять полный спектр факторов риска, но сохраняет ценность для раннего выявления потенциальных опасных событий.

Таким образом, практическая значимость исследования данной работы заключается в возможности обоснованного выбора метода оценки уровней профессиональных рисков для конкретного источника опасности и технологического процесса, что повышает эффективность и снижает субъективность при принятии решений. На основании полученных данных можно рекомендовать применение методов системного анализа (Анализ причин и последствий и Анализ дерева отказов) для комплексной оценки рисков, а качественных методов (Анализ Исикавы, Анализ «галстук-бабочка», Анализ дерева событий, Структурированный метод "Что, если?" и Матричный метод) – для предварительного выявления потенциальных опасных событий и структурирования причин.

В качестве направлений будущих исследований предлагается:

1. Расширение применения метрик информативности на другие виды опасных событий.
2. Введение дополнительных критериев оценки методов, включая трудоёмкость, требуемую квалификацию и ресурсозатраты.
3. Разработка комбинированных (гибридных) подходов, объединяющих системные и качественные методы для повышения информативности анализа.
4. Создание автоматизированных инструментов расчёта относительной информативности и визуализации результатов, что позволит ускорить и стандартизировать процесс оценки риска.

Список литературы

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-iso-mek-31010-2011>
2. ГОСТ Р 58771–2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. – Москва: Стандартинформ, 2020. – 90 с.
3. Об утверждении Методических рекомендаций по проверке создания и обеспечения функционирования системы управления охраной труда: приказ Роструда от 21 марта 2019 г. № 77. URL: <http://docs.cntd.ru/document/554207464>
4. **Казанский, А. А.** Программирование на C#: учебное пособие для вузов. – М.: Юрайт, 2025. – 181 с. – ISBN 978-5-534-21381-2
5. **Демин, А. Ю.** Информатика. Программирование на C# в Visual Studio : учебник для среднего профессионального образования / А. Ю. Демин, В. А. Дорофеев. – 2-е изд. – Москва : Издательство Юрайт, 2025. – 138 с. – ISBN 978-5-534-20595-4.
6. **Жданова, М. В.** Методы определения влияния несоответствий на вероятность отказа инженерных систем / М. В. Жданова, А. С. Павлов // Строительство и архитектура. – 2024. – Т. 12, № 2(43). – DOI 10.29039/2308-0191-2024-12-2-6-6.
7. Risk Assessment for Marine Pilot Occupational Accidents using Fault Tree and Event Tree Analysis / A. Camliyurt, S. Choi, S. Kim [et al.] // Journal of Navigation and Port Research. – 2022. – Vol. 46, No. 5. – P. 400-408
8. Analyzing system safety and risks under uncertainty using a bow-tie diagram: An innovative approach / R. Ferdous, F. Khan, R. Sadiq [et al.] // Process Safety and Environmental Protection. – 2013. – Vol. 91, Issues 1-2. – P. 1-18. – DOI:10.1016/j.psep.2011.08.010
9. Представление динамических причинно-следственных связей в человекомашинных системах / А. Ф. Резчиков, В. А. Кушников, В. А. Иващенко [и др.] // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. – 2017. – Т. 17, № 1. – С. 109-116. – DOI 10.18500/1816-9791-2017-17-1-109-116.

References

1. GOST R ISO/IEC 31010-2011. Risk management. Risk assessment methods. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-iso-mek-31010-2011>
2. GOST R 58771–2019. Risk Management. Risk Assessment Technologies. Moscow: Standartinform, 2020. 90 p.
3. On Approval of the Methodological Recommendations for Verifying the Creation and Operation of an Occupational Safety Management System: Order of Rostrud No. 77 of March 21, 2019. URL: <http://docs.cntd.ru/document/554207464>
4. **Kazansky, A. A.** Programming in C#: a textbook for universities. - M.: Yurait, 2025. - 181 p. - ISBN 978 5 534 21381 2
5. **Demin, A. Yu.** Computer Science. Programming in C# in Visual Studio: a textbook for secondary vocational education / A. Yu. Demin, V. A. Dorofeev. - 2nd ed. - Moscow: Yurait Publishing House, 2025. - 138 p. - ISBN 978-5-534-20595-4.
6. **Zhdanova, M. V.** Methods for determining the influence of non-conformities on the probability of failure of engineering systems / M. V. Zhdanova, A. S. Pavlov // Construction and architecture. - 2024. - Vol. 12, No. 2 (43). – DOI 10.29039/2308-0191-2024-12-2-6-6.
7. Risk Assessment for Marine Pilot Occupational Accidents using Fault Tree and Event Tree Analysis / A. Camliyurt, S. Choi, S. Kim [et al.] // Journal of Navigation and Port Research. – 2022. – Vol. 46, No. 5. – P. 400-408
8. Analyzing system safety and risks under uncertainty using a bow-tie diagram: An innovative approach / R. Ferdous, F. Khan, R. Sadiq [et al.] // Process Safety and Environmental Protection. – 2013. – Vol. 91, Issues 1-2. – P. 1-18. – DOI:10.1016/j.psep.2011.08.010
9. Representation of dynamic cause-and-effect relationships in human-machine systems / A. F. Rezchikov, V. A. Kushnikov, V. A. Ivaschenko [et al.] // Bulletin of the Saratov University. New series. Series: Mathematics. Mechanics. Computer science. - 2017. - Vol. 17, No. 1. - Pp. 109-116. - DOI 10.18500/1816-9791-2017-17-1-109-116.

10. Совершенствование подхода к анализу техногенного риска и обоснованию проектных решений для опасных производственных объектов нефтегазового комплекса / А. В. Александрова, М. В. Герман, А. А. Левчук, А. Ю. Скрынников // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. – 2024. – № 3. – С. 121-130. – DOI 10.25257/FE.2024.3.121-130.

11. Таранушина, И. И. Оформление процедуры выявления опасностей и оценки профессиональных рисков / И. И. Таранушина, О. В. Попова, Т. А. Финоченко // Безопасность труда в промышленности. – 2020. – № 1. – С. 73-81. – DOI 10.24000/0409-2961-2020-1-73-81.

10. Improving the approach to the analysis of technogenic risk and justification of design solutions for hazardous industrial facilities in the oil and gas complex / A. V. Alexandrova, M. V. German, A. A. Levchuk, A. Yu. Skrynnikov // Fires and emergencies: prevention, liquidation. – 2024. – No. 3. – P. 121-130. – DOI 10.25257/FE.2024.3.121-130.

11. Taranushina, I. I. Registration of the procedure for identifying hazards and assessing professional risks / I. I. Taranushina, O. V. Popova, T. A. Finochenko // Occupational safety in industry. - 2020. - No. 1. - P. 73-81. - DOI 10.24000/0409-2961-2020-1-73-81.

D. A. Skakunov

INFORMATIVENESS METRICS FOR METHODS OF PROFESSIONAL RISK ASSESSMENT

Abstract. This paper proposes informativeness metrics for methods of professional risk assessment and presents a comparative analysis of these methods. For quantitative evaluation, a relative informativeness indicator is introduced, based on the ratio of the volume of input information required for a method to the information obtained as its output. The results show that systematic methods provide the highest informativeness, whereas qualitative methods allow a rapid overview of potential hazardous events. The study demonstrates the possibility of objective method selection for a specific hazard source and technological process, enhances the efficiency of risk assessment, and serves as a foundation for the further development of hybrid and automated safety analysis tools.

Keywords: professional risk assessment, assessment methods, hazardous event, relative informativeness indicator, analysis, tree, metrics.

For citation: Skakunov, D. A. Informativeness Metrics for Methods of Professional Risk Assessment / D. A. Skakunov // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 1. – P. 86–92. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_1_86.

Сведения об авторах

Скакунов Дмитрий Алексеевич
Омский государственный технический университет,
кафедра «Промышленная экология и безопасность»,
аспирант,
e-mail: skakunov17@yandex.ru

Information about the authors

Skakunov Dmitry Alekseevich
Omsk State Technical University,
Chair «Industrial Ecology and Safety»,
Postgraduate Student,
E-mail: skakunov17@yandex.ru