

Е.В. Куцепалова, Д.С. Алешков, М.В. Суковин, Ю.Б. Чешагорова

ПОСТРОЕНИЕ БЛОЧНОЙ МАТРИЦЫ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА С УЧЕТОМ СОБЫТИЙ НИЖНИХ ИЕРАРХИЧЕСКИХ УРОВНЕЙ

Аннотация. Рассматривается проблема повышения точности методов оценки профессиональных рисков. Чем проще метод, тем менее он точен и в большей степени зависит от эксперта, использующего его. Целью данной работы является оценка возможности использования матричного метода для оценки профессионального риска с учетом причин его возникновения. Демонстрируется возможность учета причин воздействия опасности упорядоченных деревом отказов, за счет блочной матрицы, что так же может быть интерпретировано, как альтернативная визуализация дерева отказов. В результате такого подхода, при сравнении результатов оценки профессионального риска, полученных методом Файна-Кинни и с использованием блочной матрицы, установлено что расхождение результатов составило от 9 до 12%.

Ключевые слова: дерево отказов, матричный метод, профессиональный риск, метод Файна-Кинни, блочная матрица.

Для цитирования: Построение блочной матрицы оценки профессионального риска с учетом событий нижних иерархических уровней / Е. В. Куцепалова, Д. С. Алешков, М.В. Суковин, Ю.Б. Чешагорова // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2026. – № 2. – С. 67–71. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_67.

Существующих методов оценки профессиональных рисков, достаточно большое количество, однако отличительной чертой всего этого множества является следующая тенденция: чем проще метод, тем больше его зависимость от субъективной оценки, и наоборот. Проблема заключается в том, чтобы минимизировать зависимость от субъективных решений эксперта, проводящего оценку профессиональных рисков, при сохранении простоты методы [1].

Основной целью данной работы является оценка возможности использования матричного метода для оценки профессионального риска с учетом причин его возникновения.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- вероятностная оценка причин и ее ранжирование;
- представление ранжированных причин в виде блочной матрицы.

Материалами данных исследований являлись таблицы метода Файна-Кинни, «дерево отказов», согласно [2] и процедуры, согласно ГОСТ Р 58771-2019 [3], описывающие их использование при оценке профессионального риска.

В основе подходов матричного представления вероятностей воздействия опасностей с учетом их последствий лежит умножение вероятностей, наиболее ярким примером этого является метод Файна-Кинни [4]. В работе [5], указывается на связь между методом «дерево отказов» и тепловыми диаграммами, и демонстрируется подход позволяющий учитывать другие факторы, оставаясь в рамках матричного метода, через построение блочной матрицы.

Однако, подобные реализации ограничены верхними иерархическими уровнями событий, рассматриваемых в «деревах отказов», т.е. событиями, объединенными логическим условием «И». Рассмотрим возможности перехода на более низкие иерархические уровни и учета событий, приводящих к несчастному случаю на производстве,

объединенных логическими событиями «ИЛИ», в конструкции блочной матрицы для оценки профессиональных рисков.

На рис. 1 представлен фрагмент графа «дерево отказов» применительно к несчастному случаю на производстве.

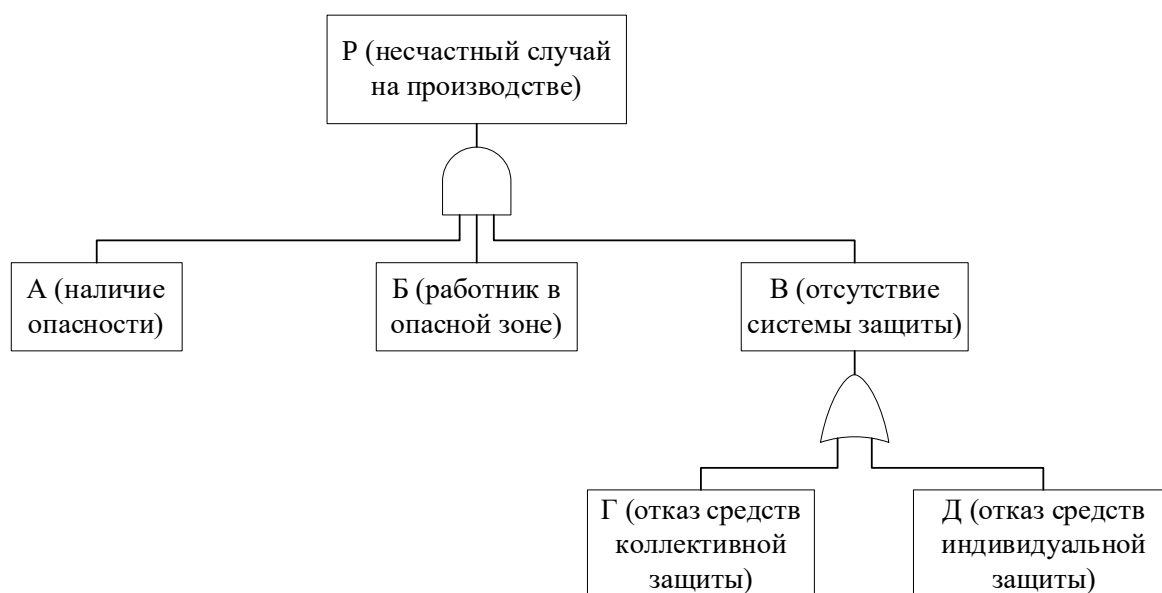


Рис. 1. Фрагмент древовидного графа применительно к несчастному случаю на производстве

Используя подход, описанный в [5], развернем событие «В» как одно из возможных событий «отказ СИЗ», «отказ СКЗ» (см. рис. 1). Данные события являются независимыми и при этом не образуют полную группу событий. Так же возможно их как совместное, так и несовместное наступление.

Для учета таких событий, вместо перемножения необходимо использовать известную формулу:

$$p_i = 1 - \prod_{j=1}^n (1 - p_j),$$

где p_j – вероятности (баллы, б) наступления соответствующих событий; n – общее количество событий объединенных логическим условием «ИЛИ».

Использование данной формулы в некотором смысле усложняет процесс оценки профессионального риска. Однако, при выборе соответствующей шкалы, возможно достаточно легко осуществлять переход. Также возможен вариант использования переводной таблицы, или непосредственное сопоставление попадания в область риска на изображении блочной матрицы.

При построении блочной матрицы использовались следующие допущения:

- при построении блочной матрицы будем располагать шкалы значений событий «Д (отказ СИЗ)» и «Г (отказ СКЗ)» по одной стороне блочной матрицы, друг над другом;
- влияние согласованности вводимых шкал нижележащих событий не рассматривается;
- в силу коммутативности операции умножения расположение значений событий «А» и «Б» относительно сторон блочной матрицы не имеет значения.

Виды шкал для рассматриваемых событий нижнего уровня эквивалентны - вариант шкалирования событий «Д (отказ/отсутствие СИЗ)» и «Г (отказ/отсутствие СКЗ)», который представлен в таблице.

Таблица

Шкалы событий «Д (отказ СИЗ)» и «Г (отказ СКЗ)»

Категория, <i>i</i>	Значение, <i>б_j</i> , балл		
	Низкая вероятность	Средняя вероятность	Высокая вероятность
отказ/отсутствие СИЗ	1	4	8
отказ/отсутствие СКЗ	1	4	8

Очевидным становится то, что при реализации формул определения величины профессионального риска, максимально возможные конечные значения будут иметь порядок равный 10^6 . Для изменения порядка воспользуемся операцией деления на 1000. Это так же позволит использовать те же градации уровней профессионального риска, которые приняты в методе Файна-Кинни [4].

На рис. 2 представлена результирующая блочная матрица оценки профессионального риска, *R*. Значения, *R*, блочной матрицы рассчитывались по формуле:

$$R = 10^{-2} \cdot \pi \cdot b_A \cdot b_B \cdot \left[100 - \prod_{j=1}^n (10 - b_j) \right]$$

где π – значение последствий по шкале метода Файна-Кинни, балл; b_A – значение вероятности по шкале метода Файна-Кинни, балл; b_B – значение подверженности по шкале метода Файна-Кинни, балл.

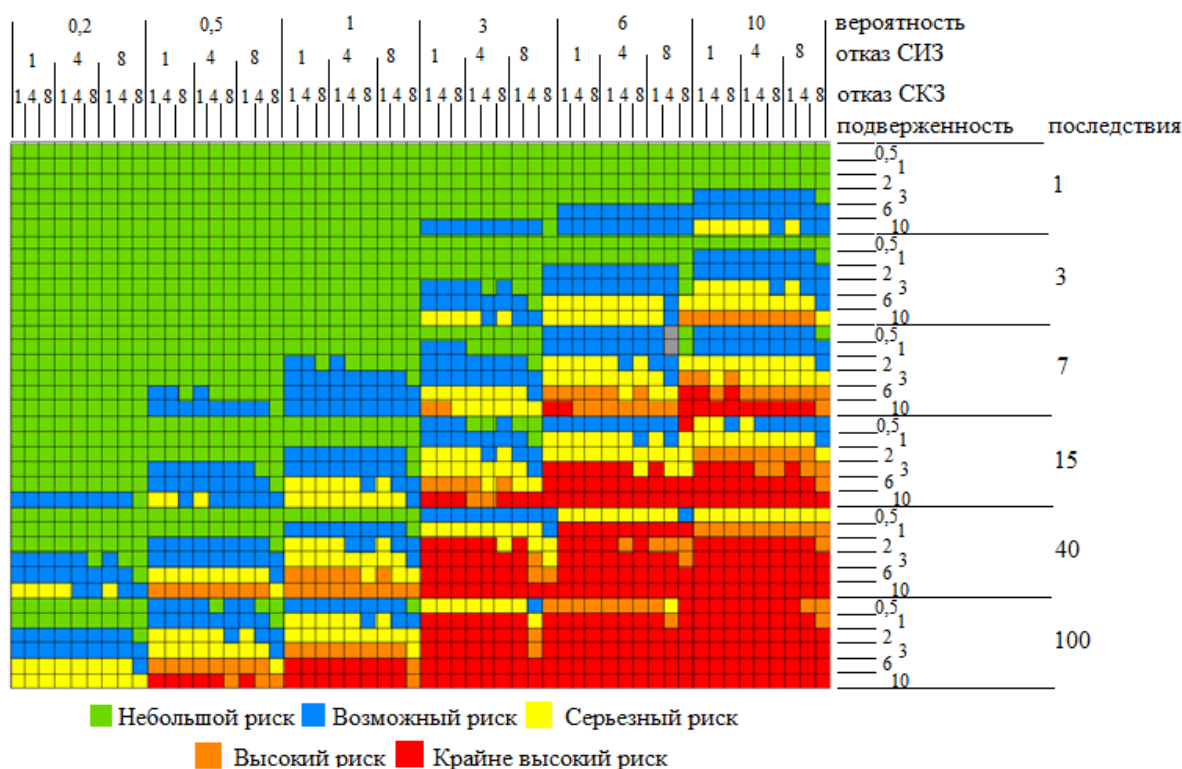


Рис. 2. Блочная матрица оценки профессионального риска

Анализ значений, совпадающих по шкале «профессиональный риск» при исходных значениях шкал для, b_A , b_B , и, π , со значениями, получаемыми при использовании шкал

блочной матрицы, показал, что наблюдается расхождение значений. Так для «крайне высокого риска» - 12% значений не попадают в эту область при использовании блочной матрицы, при использовании метода Файна-Кинни они наоборот попадают в область «крайне высокий риск».

Для области «небольшой риск», при использовании блочной матрицы 9% значений выходят за границы этой области, попадая в область «возможный риск».

Учет событий нижележащих иерархических уровней, в контексте блочной матрицы, представляет собой альтернативный вариант визуализации дерева отказов в виде тепловой диаграммы. Что указывает на возможность взаимно однозначного соответствия результатов рассматриваемых методов и связь между ними.

Таким образом, блочная матрица позволяет учитывать специфику условий и факторов трудового процесса в более явном виде, и учитывать их непосредственное влияние на точность оценок величины профессионального риска на рабочих местах. Использование блочной матрицы усложняет визуальную интерпретацию профессионального риска. Необходимо описание алгоритма, позволяющего сделать менее громоздкой блочную матрицу, описание условий, позволяющих проводить обратное редуцирование блочной матрицы к обычной, без искажения конечного результата, и оценка степени влияния вида шкал событий нижних иерархических уровней на конечные значения профессионального риска.

Список литературы

1. Скакунов, Д. А. О возможности построения «дерева отказов» с учетом оценки семантической близости событий / Д. А. Скакунов // Техносферная безопасность : Тезисы докладов II Всероссийской научной конференции, 12–14 ноября 2025 года. – Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II, 2026. – С. 194-197
2. Учет влияния человеческого фактора на профессиональные риски при использовании метода дерева отказов / Д. С. Алешков, Н. Ю. Аюпова, Е. В. Бакико [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 2025. – № 10. – С. 32-38. – DOI 10.24000/0409-2961-2025-10-32-38
3. ГОСТ Р 58771-2019. Менеджмент риска. Технологии оценки риска. – М.: ФГБУ "Институт стандартизации", 2022
4. Об оценке возможности использования метода дерева отказов и метода Файна-Кинни при оценке профессиональных рисков / Д. С. Алешков, М. В. Суковин, Е. В. Куцепалова, О. Г. Бачина // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2024. – № 2(67). – С. 12-18.

References

1. Skakunov, D. A. On the possibility of constructing a "fault tree" taking into account the assessment of the semantic proximity of events / D. A. Skakunov // Technosphere safety: Abstracts of reports of the II All-Russian scientific conference, St. Petersburg, November 12-14, 2025. - St. Petersburg: St. Petersburg Mining University of Empress Catherine II, 2026. - Pp. 194-197
2. Accounting for the influence of the human factor on professional risks when using the fault tree method / D. S. Aleshkov, N. Yu. Ayupova, E. V. Bakiko [et al.] // Occupational safety in industry. - 2025. - No. 10. - Pp. 32-38. – DOI 10.24000/0409-2961-2025-10-32-38
3. GOST R 58771-2019. Risk Management. Risk Assessment Technologies. – Moscow: Federal State Budgetary Institution "Institute of Standardization", 2022
4. On the assessment of the possibility of using the fault tree method and the Fine-Kinney method in assessing professional risks / D. S. Aleshkov, M. V. Sukovin, E. V. Kutsepalova, O. G. Bachina // Proceedings of the Rostov State Transport University. - 2024. - No. 2 (67). - P. 12-18.

Y.V. Kutsepalova, D.S. Aleshkov, M.V. Sukovin, Yu.B. Cheshagorova

CONSTRUCTION OF A BLOCK MATRIX FOR ASSESSING PROFESSIONAL RISK TAKING INTO ACCOUNT EVENTS OF LOWER HIERARCHICAL LEVELS

Abstract. This paper examines the problem of improving the accuracy of occupational risk assessment methods. The simpler the method, the less accurate it is and the more dependent it is on the expert using it. The goal of this paper is to evaluate the feasibility of using a matrix method for assessing occupational risk, taking into account its causes. It demonstrates the feasibility of accounting for the causes of hazard impacts organized by a fault tree using a block matrix, which can also be interpreted as an alternative visualization of the fault tree. As a result of this approach, when comparing the results of the professional risk assessment obtained by the Fine-Kinney method and using a block matrix, it was found that the discrepancy between the results was from 9 to 12%.

Keywords: fault tree, matrix method, professional risk, Fine-Kinney method, block matrix.

For citation: Construction of a Block Matrix for Assessing Professional Risk Taking into Account Events of Lower Hierarchical Levels / E. V. Kutsepalova, D. S. Aleshkov, M. V. Sukovin, Yu. B. Cheshagorova // Trudy Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobseniya. – 2026. – № 2. – P. 67–71. – DOI 10.46973/1818-5509_2026_2_67.

Сведения об авторах

Куцепалова Елена Викторовна

ООО «ЛИТ»,

директор,

e-mail: elenn_k@mail.ru

Алешков Денис Сергеевич

Омский государственный технический университет (ОмГТУ),

кафедра «Промышленная экология и безопасность», доктор технических наук, доцент, профессор

e-mail: denisaleshkov@mail.ru

Суковин Михаил Владимирович

Омский государственный технический университет (ОмГТУ),

кафедра «Промышленная экология и безопасность»,

кандидат технических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой,

e-mail: sukovin_8@mail.ru

Чешагорова Юлия Борисовна

Омский государственный технический университет (ОмГТУ),

кафедра «Промышленная экология и безопасность», аспирант,

e-mail: pss.otm@mail.ru

Information about the authors

Kutsepalova Yelena Viktorovna

LLC «LIT»,

Director,

e-mail: elenn_k@mail.ru

Aleshkov Denis Sergeevich

Omsk State Technical University (OmSTU),
Chair «Industrial Ecology and Safety»,

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor,

e-mail: denisaleshkov@mail.ru

Sukovin Mikhail Vladimirovich

Omsk State Technical University (OmSTU),
Chair «Industrial Ecology and Safety»,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Acting Head of the Chair,

e-mail: sukovin_8@mail.ru

Cheshagorova Yulia Borisovna

Omsk State Technical University (OmSTU),
Chair «Industrial Ecology and Safety»,

Postgraduate Student,
e-mail: pss.otm@mail.ru