

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ



DOI: 10.26794/2304-022X-2025-15-4-172-188
УДК 614.842.8(045)
JEL M54

Управление организационными рисками на предприятиях нефтегазового комплекса России на основе результатов экспертной оценки

Е.В. Гвоздев

Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Система комплексной безопасности (СКБ) предназначена для предупреждения возникновения и проявления рисков (технических, организационно-технических и организационных) на предприятиях нефтегазового комплекса России (НГК России). Настоящее исследование посвящено снижению ущербов за счет оценки и управления организационными рисками, возникающими из-за недостаточных действий и недоработок персонала, обеспечивающего качественное функционирование СКБ. **Целью** работы стал выбор подхода, позволяющего преобразовывать качественные показатели организационных рисков в количественное выражение (меру негативного влияния). В ходе исследования автором было обосновано использование экспертного метода (расстановки приоритетов) для оценки рисков, связанных с недостаточными действиями органов управления, осуществляющих контроль в отношении подчиненного персонала. Данный метод обладает преимуществом и характеризуется элементами новизны при сравнении с действующими решениями, используемыми на практике. Его применение в сочетании с функционалом вероятностного распределения Гаусса позволяет экспертам осуществлять выбор индивидуального направления безопасности, в котором из-за недостаточных действий по контролю возникают организационные риски. В практике функционирования организационных систем наличие достоверной информации с весовыми значениями для всех возникающих рисков позволяет сформировать ранжированный ряд, определить приоритеты и разработать комплекс мероприятий для их предупреждения. В статье приведен пример, демонстрирующий, как персонал направлений безопасности влияет на общее состояние СКБ; обоснована возможность использовать *метод расстановки приоритетов* на практике и получать результат для организационных рисков в количественном значении (мере).

Ключевые слова: система комплексной безопасности; организационные риски; метод расстановки приоритетов; вероятностное распределение Гаусса; экспертное решение; недостаточные действия

Для цитирования: Гвоздев Е.В. Управление организационными рисками на предприятиях нефтегазового комплекса России на основе результатов экспертной оценки. *Управленческие науки = Management Sciences*. 2025;15(4):172-188. DOI: 10.26794/2304-022X-2025-15-4-172-188

ORIGINAL PAPER

Managing Organizational Risks in Russia's Oil and Gas Enterprises Based on Expert Assessment

E.V. Gvozdev

Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

The Comprehensive Security System (CSS) is designed to prevent the emergence and development of risks – technical, organizational-technical, and purely organizational – at enterprises within Russia's oil and gas sector. This study focuses on reducing losses by assessing and managing organizational risks that arise from insufficient actions or shortcomings on the part of personnel responsible for ensuring the effective operation of the CSS. The aim of the research is to identify an approach that makes it possible to convert qualitative indicators of organizational risks into quantitative terms (a measurable negative impact). In the course of the study, the author substantiates the use of an expert-based method (priority ranking) to evaluate risks associated with inadequate actions by management bodies that oversee subordinate personnel. This method has advantages and introduces elements of novelty compared with current solutions used in practice. When applied together with the functionality of the Gaussian probability distribution, it allows experts to determine specific safety areas in which organizational risks arise due to insufficient control measures. In real organizational systems, having reliable information with weighted values for all

© Гвоздев Е.В., 2025

identified risks makes it possible to construct a ranked list, determine priorities, and develop a set of preventive measures. The article provides an example illustrating how personnel in various safety areas influence the overall state of the CSS, and it justifies the feasibility of applying the *priority-ranking method* in practice to obtain quantitative results for organizational risks.

Keywords: integrated security system; organizational risks; prioritization method; Gauss probability distribution; expert decision; insufficient actions

For citation: Gvozdev E.V. Managing organizational risks in Russia's oil and gas enterprises based on expert assessment. *Upravlencheskie nauki = Management Sciences*. 2025;15(4):172-188. DOI: 10.26794/2304-022X-2025-15-4-172-188

ВВЕДЕНИЕ

Знания в области реализации риск-ориентированного подхода, направленного на снижение ущербов от опасных событий на предприятиях нефтегазового комплекса (НГК) России, ежегодно пополняются новыми результатами анализа технических, организационно-технических и организационных рисков [1]. Для общей составляющей по всем группам рисков подтверждено наличие существенной доли (около 75%), которая связана с человеческим фактором (ЧФ) [2].

Результаты изучения первых двух видов рисков подробно изложены в трудах Института машиноведения им. А.А. Благонравова РАН (риск-анализ и безопасность опасных производственных объектов) [3], Научно-технического центра исследований проблем промышленной безопасности (обоснование безопасности ОПО, а также анализ риска, обоснование и декларирование безопасности при возмездном оказании услуг в случае обращения юридических лиц) [4–6], Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны МЧС России (организационно-методическое обеспечение работ, связанных с независимой оценкой пожарного риска

при возмездном оказании услуг в случае обращения юридических лиц) [7–9], Всероссийского научно-исследовательского института по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (совершенствование способов управления рисками чрезвычайных ситуаций с учетом вызовов и угроз национальной безопасности России при разработке нормативно-правовых актов и нормативных документов) [10; 11].

Что касается оценки организационных рисков (ОР), то для повышения техносферной безопасности на объектах защиты предприятий НГК России требуется проведение дальнейших исследований [1]. Автор настоящей статьи обозначил проблемную ситуацию, заключающуюся в необходимости управления ОР, проявляющимися в виде опасных событий (ОС) (аварии и пожары), предложил экспертный метод для их оценки и обосновал его преимущества.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Деятельность предприятий НГК России, направленная на предотвращение условий возникновения и проявления ОР, схематически представлена на рис. 1.

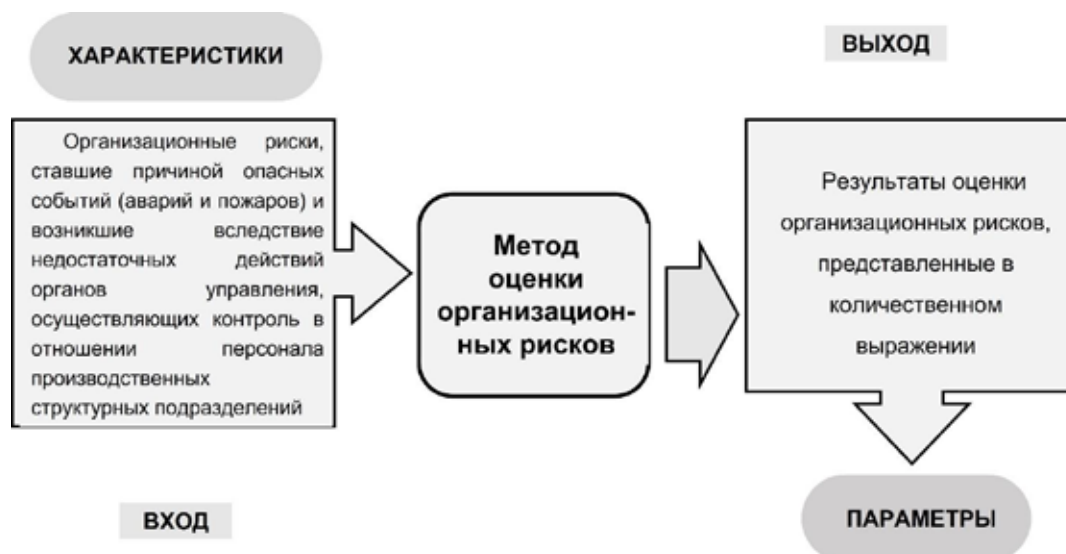


Рис. 1 / Fig. 1. Последовательность преобразования организационных рисков из характеристик в параметры / The Sequence of Transformation of Organizational Risks from Characteristics to Parameters

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

Разработанная последовательность действий позволит учесть динамику снижения U_{oc} ущербов от проявления организационного риска R_o в ОС (аварии и пожары), когда станут известны показатели негативного влияния, в количественном выражении (мере):

$$U_{oc} = F_{U_{oc}} \{R_o, P\} = \sum_i [F_{U_i}(R_{o_i}, P_i)] = \int C(R_o)P(R_o)dR_o = \int C(P)R_o(P)dP, \quad (1)$$

где

P — вероятность возникновения ОС (аварий и пожаров);

i — группы негативных факторов, влияющих на исход в виде ОС (аварий и пожаров);

C — весовые функции, учитывающие взаимовлияние рисков.

Поскольку цель исследования состояла в обосновании выбора экспертного метода, позволяющего преобразовывать качественные характеристики ОР в количественные, следует использовать величину M — вес негативного воздействия ОР в диапазоне $M_{min} = 0,001$; $BM_{max} = 0,999$. Тогда

$$R_o = \int_{M_{min}}^{M_{max}} f(M) \cdot P(M) dM, \quad (2)$$

где $f(M)$ — плотность распределения групп ОР с учетом частоты их проявления в ОС; $P(M)$ — вероятность проявления ОР в ОС, определяемая с помощью функционала Байесовских сетей доверия [2, 12, 13].

Недостатки существующих методик оценки рисков представлены в *табл. 1*.

В настоящее время для оценки рисков применяются различные методы, например FMEA (англ. Failure Mode and Effects Analysis) — анализ видов и последствий отказов¹, Байесовский анализ (или сети Байеса)². Достоинством первого служит выявление возможных отказов производственного оборудования и их влияния на функционирование объекта или процесса, окружающую среду и персонал. Это позволяет увеличить надежность техники, снизить негативное воздействие на экологию,

уменьшить эксплуатационные расходы и в итоге повысить деловую репутацию предприятия. Метод FMEA получил широкую известность и используется только при оценке *технических рисков*. Байесовский анализ и сети Байеса могут быть полезны при разработке вероятностной модели Пуассона для таких событий, как аварии, с выявлением причинно-следственных связей между переменными (в виде сети Байеса), однако на практике применяются редко из-за сложности отражения всех взаимодействий в технической системе (условные вероятности становятся слишком большими). Представленные методы имеют следующие ограничения:

- для получения результатов требуется ввод эмпирических данных, представленных в количественном выражении;

- могут быть получены результаты в области знаний, в которых вероятностные законы имеют ключевое значение.

Отличительная особенность выбора экспертного метода для оценки ОР — выявление величины отклонения базисного вектора от выбранного направления, то есть возможности органа управления откорректировать маршрут в сторону достижения цели. Как уже говорилось ранее, определенной проблемой становится то, что исходные данные о рисках представляют собой качественное описание, а не формализованную информацию. Данное обстоятельство подтверждает целесообразность их преобразования в количественный вид.

Деятельность производственных предприятий, направленная на снижение рисков нанесения ущербов от опасных событий, целесообразно осуществлять не только в области управления техническими и организационно-техническими рисками. Область оценки и управления ОР также требует особого внимания [14], поскольку данная группа рисков:

- 1) возникает в процессе управленческого влияния органа управления (ОУ) на персонал производственных структурных подразделений (ПСП);

- 2) выявляется и предупреждается (предотвращается) за счет постоянного контроля, проводимого составом отделов промышленной и пожарной безопасности (ПрБ и ПБ) и охраны труда (ОТ). Эти подразделения следят за исполнением требований НПА и НД, утвержденных в области ПрБ (Ростехнадзор), МЧС России, ОТ (Минтруд). В представленных отчетах отсутствует информация о недостатках работы конкретного направления безопасности (НБ), в котором такой риск возник и проявился в виде опасного события (ОС). Все изменения, происхо-

¹ ГОСТ Р 27.303–2021 (МЭК 60812:2018). Надежность в технике. Анализ видов и последствий отказов. URL: <https://meganorm.ru/Data/758/75897.pdf>

² ГОСТ Р МЭК 31010–2021. Надежность в технике. Методы оценки риска. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200180987>

Таблица 1 / Table 1

Недостатки существующих методов оценки рисков / Disadvantages of Existing Risk Assessment Methods

Приказ Ростехнадзора от 03.11.2022 № 387 / Rostekhnadzor Order No. 387 dated 03.11.2022	Приказ МЧС России от 26.06.2024 № 533 / Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 26.06.2024 No. 533	Приказ Минтруда России от 28.12.2021 № 926 / Order of the Ministry of Labor of Russia dated December 28, 2021 No. 926	Недостатки / Disadvantages
Качественное описание рисков			
Приоритетность рисков: 1,2,3. (на основе категорирования опасности аварий)	—	+	Не учитывается характер связей при влиянии одного направления безопасности на другие, с ним взаимодействующие. Отсутствует результат риска, представленный весовым значением в количественном виде; следовательно, нет возможности определить приоритетность риска при формировании общего ранжированного ряда.
Градация значений рисков: А; Б; С; Д (от самого низкого до самого значительного)		+	
Значимость рисков: высокая; средняя; низкая		+	
Количественное представление рисков			
Численное выражение разгерметизации технических трубопроводов: 10 ⁻ⁿ /год, где n — степенное значение	Величины, характеризующие риски при определении расчетного времени эвакуации, мин	—	Чувствительность к ошибкам при измерениях (существенная погрешность). Не учитываются альтернативы, связанные с влиянием внешних факторов
Вероятностное отношение к реализации риска (1–100%), с представлением величины вероятности 10 ⁻ⁿ /год, где n — значение риска в степени		—	

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

дящие в организационных системах управления, могут быть представлены в виде траектории протекания (возникновения, проявления, реализации) процесса организационных рисков R_o в пространстве состояний СКБ с зонным выделением границ (рис. 2):

Рассмотрим рис. 2:

1) в зоне, выделенной зеленым (нижняя) цветом, все производственные процессы в технической системе осуществляются без нарушений — ей соответствует состояние S_0 ;

2) отмеченное желтым (средняя) относится к зоне появления организационных рисков $R_{ндд}$ и $R_{нд}$, которые при благоприятных условиях могут проявиться как опасные события (аварии или пожары) — ей отвечает состояние $S_{п}$;

3) часть рисунка, выделенная красным цветом (верхняя), в которой организационные риски $R_{ндд}$ и $R_{нд}$ стали причинами возникновения (аварий

или пожаров), относится к зоне протекания различных сценариев нанесения ущерба от опасных событий, относится к зоне с состоянием S_i . Если в организационной системе, в которой происходит начальное событие — НС (то есть возникли организационные риски $R_{ндд}$ и $R_{нд}$, были созданы условия для отклонения в сторону зоны с состоянием S_1 , то в технической системе может осуществляться множество различных сценариев нанесения ущерба S_{ij} . Конечное состояние КС для каждого из сценариев отличается между ними (см. рис. 2):

$$KC_{ij} \neq KC_{ij}^* \neq KC_{ij}^{**} \neq KC_{ij}^{***}. \quad (3)$$

Если в ходе инцидента (отказа) техническая система имеет возможность вернуться из S_1 в S_0 за кратчайший временной промежуток, то при авариях в 20% случаев возникают пожары, наносящие максимальные ущербы и выводящие из строя элементы

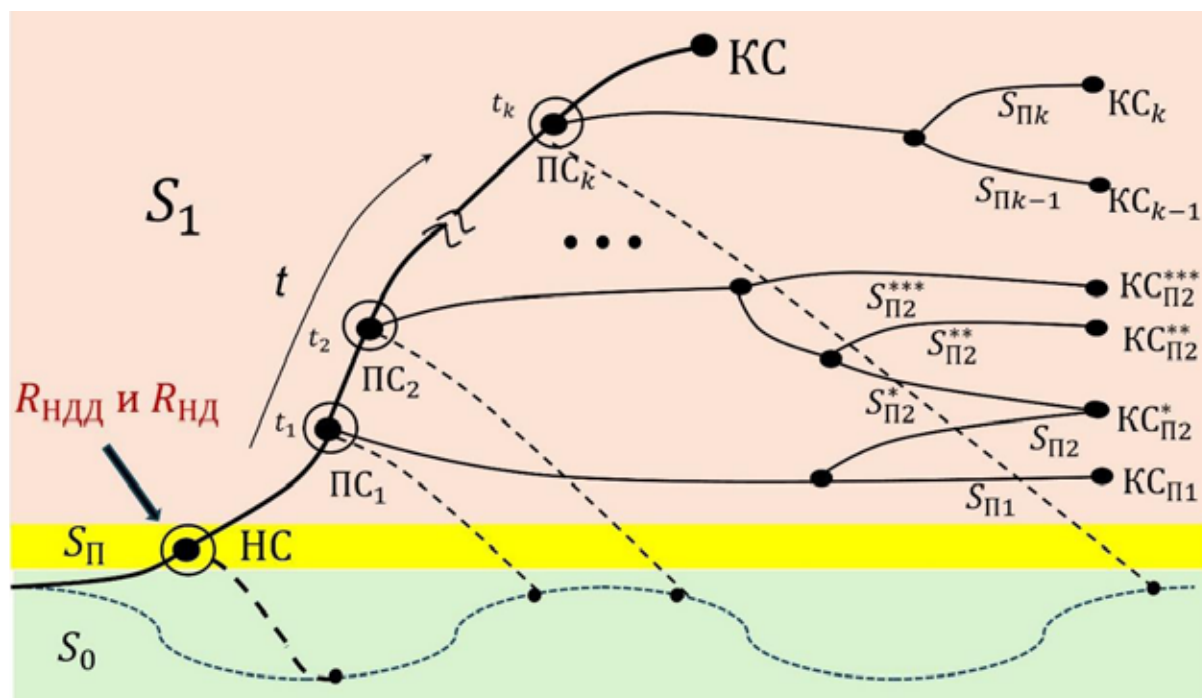


Рис. 2 / Fig. 2. Трассектория с процессом возникновения и проявления организационных рисков в опасные события / Trajectory with the Process of the Emergence and Manifestation of Organizational Risks in Dangerous Events

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

технической системы на длительный срок. Здесь имеется возможность предупреждать появление организационных рисков в зоне с состоянием $S_П$, а при их переходе в зону с состоянием S_1 (точки (t_1, t_2, t_k) — реализовывать комплекс защитных мероприятий.

Под риском будем понимать осознанную опасность (угрозу) наступления в любой системе негативного события с определенными во времени и пространстве последствиями³. Осознанной опасностью (угрозой) целесообразно называть условия проявления (нарастания) риска, закономерно переходящие в заключительную фазу с нанесением ущерба вследствие воздействия опасных факторов (аварии или пожары). С учетом специфики оценки ОР рекомендовано их рассмотрение как:

- недостаточные действия сотрудников направления, связанного с обеспечением безопасности и осуществляющих контроль в отношении персонала ПСП — $R_{НДД}$;
- недоработки персонала при исполнении требований НПА и НД — $R_{НД}$.

Общий показатель для организационных рисков R_0 за выделенный период может быть рассчитан по формуле

$$R_0(t) = \frac{\sum_{i=1}^j (R_{НДД}) + \sum_{i=1}^j (R_{НД})}{n \cdot (R_{НДД}) + n \cdot (R_{НД})}(t), \quad (4)$$

где $n \cdot (R_{НДД})$ и $n \cdot (R_{НД})$ — количество отчетов об авариях, входящих в выборку, (ед.); t — рассматриваемый период, (месяц, квартал, год).

Для выявления организационных рисков целесообразно задействовать методы индивидуального и группового экспертного оценивания.

Кроме того, следует предусмотреть разъяснения для экспертов по таким составляющим, как:

- оценка приоритетности качественных характеристик рисков и тип шкалы;
- последовательность приемов или операций, нацеленных на выработку суждений;
- очередность действий, направленных на решение задачи по обработке результатов экспертной оценки.

Автор настоящей статьи предлагает использовать **экспертно-расчетный метод**, а именно — **метод расстановки приоритетов** [15], который относится к новой группе и позволяет преобразовать резуль-

³ Словарь терминов и определений МЧС России. URL: <https://mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/3579>. Информация действительна по состоянию на 13.07.2025 г.

таты качественной экспертной оценки в количественный вид (то есть определять меру негативного влияния).

Применение этого метода позволит:

- с помощью группы экспертов выбрать автономное направление (ПрБ; ПБ; ОТ; ПСП), в котором из-за недостаточных действий при проведении мероприятий, направленных на осуществление контроля, возник организационный риск, проявившийся в виде ОС. В этом случае у экспертов появляется возможность определить, какое отношение к его появлению имеют сотрудники предприятия: непосредственное (*принадлежность абсолютная*); опосредованное (*принадлежность приоритетная*); косвенное (*принадлежность относительная*);
- получить для каждого ОР индивидуальное числовое значение M (вес негативного влияния организационного риска) в диапазоне $M_{\min} = 0,001$; $M_{\max} = 0,999$.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Применяемые на практике экспертные методы сводятся к решению задач на основе расстановки приоритетов, обозначенных коллективным суждением экспертов [16]. Такое решение формируется на основе сравнения действующей СКБ с имеющимися рисками — $M_R(t)$ и разработки для их предупреждения комплекса организационно-технических мероприятий — $M_M(t)$ в виде

$$M_R(t) = \begin{pmatrix} n_{11}, & n_{12}, & \dots, & n_{1,k_1} \\ n_{21}, & n_{22}, & \dots, & n_{2,k_1} \\ \dots & & & \\ n_{75,1}, & n_{75,2}, & \dots, & n_{75,k_{75}} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

$$M_M(t) = \begin{pmatrix} n'_{11}, & n'_{12}, & \dots, & n'_{1,k_1} \\ n'_{21}, & n'_{22}, & \dots, & n'_{2,k_2} \\ \dots & & & \\ n'_{75,1}, & n'_{75,2}, & \dots, & n'_{75,k_{75}} \end{pmatrix}$$

где n_{ij} и n'_{ij} — параметры сравниваемых значений элементов, входящих в массивы с учетом дискретной детерминированной функциональной зависимости между ними. Соответственно, на координатной плоскости взаимодействие таких массивов данных $M_R(t)$ и $M_M(t)$ целесообразно представить

в виде площади, ограниченной векторами соответствующей размерности. В качестве абстрактных объектов предложено рассматривать два прямоугольных равнобедренных треугольника, окрашенных в красный и зеленый цвета (рис. 3).

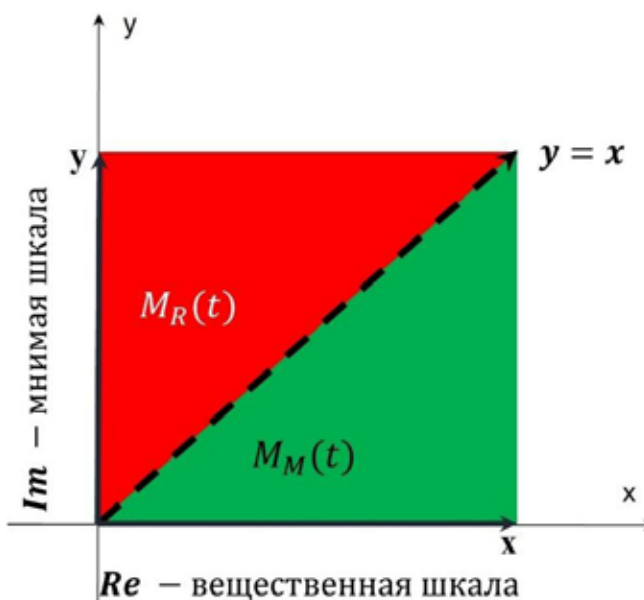


Рис. 3 / Fig. 3. Базисный направленный вектор $y=x$, разделяющий площади массивов данных $M_R(t)$ и $M_M(t)$ / The Basic Directional Vector $y=x$, Separating the Areas of the Data Arrays $M_R(t)$ and $M_M(t)$

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

В соответствии с комплексной безопасностью, сравниваемые массивы (см. рис. 3) уравниваются базисным направленным вектором $y=x$; при этом некоторые элементы из массива $M_R(t)$ будут преобразованы для определения элементов n'_{ij} массива $M_M(t)$. Такое условие позволяет сосредоточить внимание на выявлении новых организационных рисков — R_o , а значит, добиться итога влияния массива комплекса мероприятий, реализуемых для предупреждения рисков с результатом соотношения $y < x$. Это позволит ЛПР представить результат изменения показателей влияния массива $M_M(t)$ на $M_R(t)$ на основе изменения ортогональной направленности результирующего вектора. Важность применения уравнивающего базисного направленного вектора заключается в том, что величина (x, y) , может рассматриваться как квадрат длины вектора, отложенного на Re — шкале вещественных чисел (ось x) (рис. 4).

Если рассматривать причины ОР как площадь квадрата для всей совокупности рассматриваемых рисков, то появляется возможность выделить область (обозначенную направленным вектором), которая будет представлена площадью прямо-

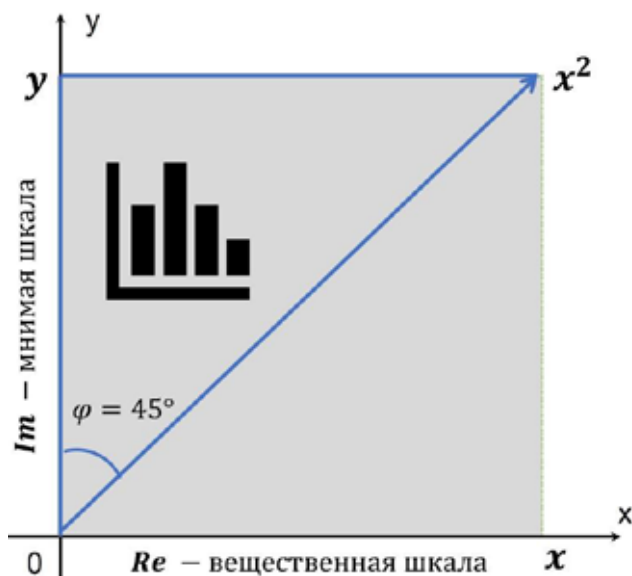


Рис. 4 / Fig. 4. Вектор x как квадратное значение, отложенное на вещественной шкале / The Vector x , as a Square Value Plotted on a Real Scale

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

угольника для новых (неисследованных) организационных рисков. Со временем потребуется снижать обозначенную площадь за счет разработки и проведения определенной совокупности действий для таких неисследованных ОР, как $R_{\text{НД}}$ и $R_{\text{НД}}$ (рис. 5).

Поскольку в статье идет речь о качестве влияния персонала ВПО предприятий, позволяющего предупреждать организационные риски R_o , то динамика эффективности комплекса мероприятий, входящих в массив $M_m(t)$ будет положительной при изменении площади равнобедренного треугольника, принадлежащего массиву $M_R(t)$, и отрицательной — при аналогичных изменениях треугольника, принадлежащего массиву $-M_m(t)$ (рис. 6).

При использовании представленного подхода на практике появляется возможность:

- с одной стороны, применять базисный направленный вектор в качестве исходной шкалы, на которой на возникающие риски не оказывают никакого влияния, то есть показатель влияния $\lambda_{\text{ВЛ}}=0$;
- с другой стороны, воздействие усилий, нацеленных на недопущение возникновения ОР, позволит привести СКБ на предприятиях НГК России в нормированное состояние, то есть $\lambda_{\text{ВЛ}} \{ \text{ПрБ; ПБ; ОТ; РС ПСП} \} \Rightarrow 1$.

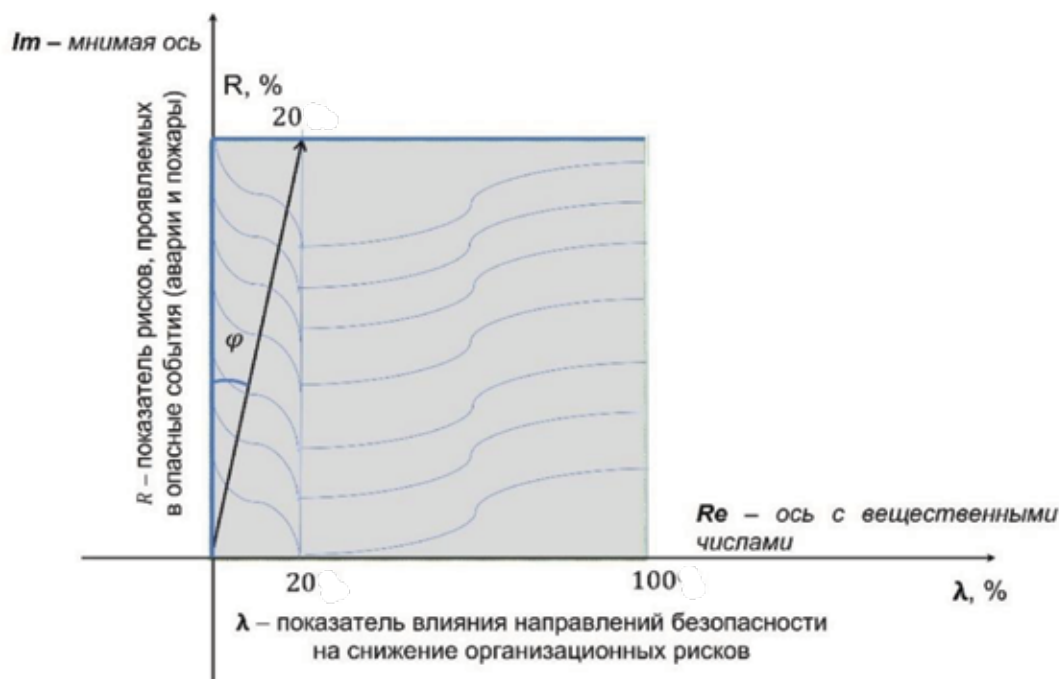


Рис. 5 / Fig. 5. Выделенная доля с рисками, проявляемыми в опасные события (аварии и пожары) / The Allocated Share with the Risks Manifested in Dangerous Events (Accidents and Fires)

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

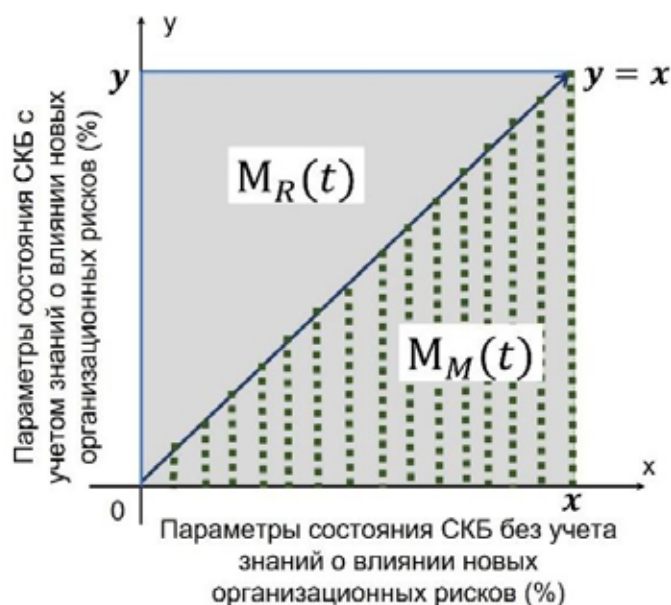


Рис. 6 / Fig. 6. Выделенная область для отображения новых организационных рисков, проявляемых в опасные события (аварии и пожары) / A Dedicated Area for Displaying New Organizational Risks Manifested in Dangerous Events (Accidents and Fires)

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОСТИ ВЫБОРА МЕТОДА РАССТАНОВКИ ПРИОРИТЕТОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РИСКОВ

Каждому из n -объектов (X_1, X_2, \dots, X_n) (рис. 7) соответствует вершина графа, отражающего результат сравнения двух оцениваемых объектов. Требуется определить максимум функций нескольких переменных, находящихся по отношению друг к другу в ранговой зависимости.

Если рассматривать любую расчетную модель с точки зрения ее упрощения, то (согласно условиям предпочтительности) целесообразно применять квадратичную форму

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1j} & \dots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2j} & \dots & a_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{i1} & a_{i2} & \dots & a_{ij} & \dots & a_{iN} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nj} & \dots & a_{nN} \end{pmatrix},$$

где a_{ij} — показатели рисков на основе попарных сравнений; N — ранг матрицы; $a_{n1}, a_{n2}, \dots, a_{np}, a_{nN}$ — показатели рисков, входящие в j -ю строку матрицы A ;

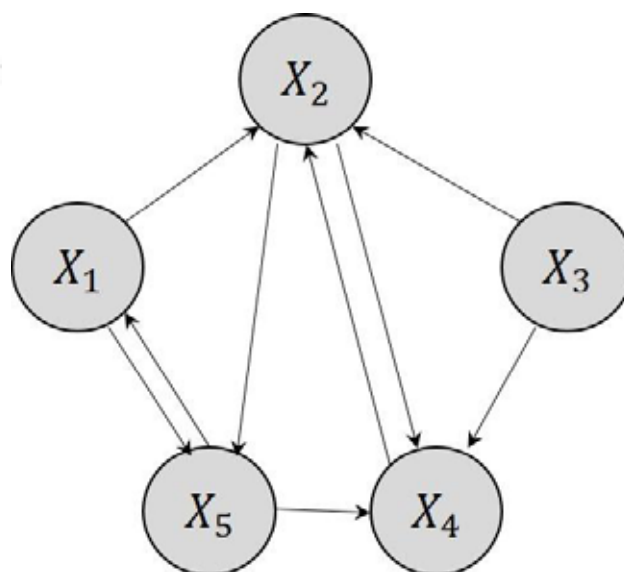


Рис. 7 / Fig. 7. Граф результата оценки n - объектов / Graph of the n -object evaluation result

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

$a_{1N}, a_{2N}, \dots, a_{jN}, a_{nN}$ — показатели рисков, расположенные в j -м столбце матрицы A .

При этом

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если } X_i > X_j \\ 0,5, \text{если } X_i = X_j, \\ 0, \text{если } X_i < X_j \end{cases}$$

где $i = j \rightarrow \{1, 2, \dots, n\}; a_{ij} = 0,5$.

$X_i > X_j$ означает приоритет одного оцениваемого объекта по отношению к другому, а $X_i = X_j$ — одинаковую важность оцениваемых объектов.

Использование качественной шкалы отношений позволяет:

- с одной стороны, определить организационные риски R_0 как результат выявленных отклонений (недостаточных действий направлений [ПрБ; ПБ; ОТ; РС ПСП] при выполнении мероприятий по контролю в отношении персонала ПСП), обозначенных в виде коэффициента негативного воздействия $K_{\text{воз}}$ принадлежащего направлению X_i ;
- с другой стороны, установить характер ущерба от каждого возникшего ОС (аварии и пожара).

Представленное выше обоснование во многом соответствует методу расстановки приоритетов (МРП) [15]. Он обладает определенным преимущест-

Таблица 2 / Table 2

**Используемые на практике статистические распределения (в виде расчетных формул) /
Statistical Distributions Used in Practice (Presented in the Form of Calculation Formulas)**

Параметр / Parameter	Экспоненциальное / Exponential	Нормальное (Гаусса) / Normal (Gauss)	Вейбулла / Weibull
Плотность распределения $f(t)$	$\lambda e^{-\lambda t}$	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right]}$	$\frac{\beta(t-\gamma)^{\beta-1}}{\sigma^\beta} e^{\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\sigma}\right)^\beta\right]}$
Функция распределения $F(t)$	$1 - e^{-\lambda t}$	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2} dx, \quad (-\infty < t < \infty)$	$1 - e^{\left[-\left(\frac{t-\gamma}{\sigma}\right)^\beta\right]}$
Величина предела измерения	λ	$\frac{f(t)}{1 - F(t)}$	$\frac{\beta(t-\gamma)^{\beta-1}}{\sigma'}$

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

Таблица 3 / Table 3

**Используемые на практике статистические распределения (в виде графиков) /
Statistical Distributions Used in Practice (Presented in the Form of Graphs)**

Параметр / Parameter	Экспоненциальное / Exponential	Нормальное (Гаусса) / Normal (Gauss)	Вейбулла / Weibull
Плотность распределения $f(t)$			
Функция распределения $F(t)$			
Величина предела измерения			

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

вом по отношению к другим методикам экспертных оценок, поскольку позволяет:

- установить взаимосвязи элементов, входящих в содержание СКБ;
- представить, где это возможно, количественные оценки (субъективные, экспертные) [16];
- сформулировать и преобразовать проблему логико-структурированную;
- расширить пределы своих возможностей за счет использования функционала математического моделирования и выбора оптимальных решений [17], а также других применяемых на практике способов, в частности, статистических распределений (табл. 2, 3).

В научных исследованиях [18, 19] при выборке данных, ограниченных зависимыми показателями качественных характеристик (3–4 ед.), считается предпочтительным применять средний показатель, отражающий типичный уровень признака, формирующегося под воздействием доминирующих неслучайных факторов. Здесь целесообразно использовать нормальное распределение. Задействование средних величин позволяет охарактеризовать определенный признак совокупности одним числом (несмотря на то, что у разных ее единиц значения признаков различаются). Принимая во внимание наличие неопределенности при вычислении оценок исследуемых параметров по вербальной шкале, для выбора наиболее предпочтительной весовой величины было принято решение использовать компромиссный подход по выбору точечных значений, полученных по Закону нормального распределения, согласно которому принимается во внимание факт присутствия ограниченного количества ОР (3–4 ед.) в отчетах «Уроки извлеченные из аварий» (подраздел с организационными причинами) на предприятиях НГК России.

В рамках данного подхода:

- с одной стороны, требуется с осторожностью использовать точечные значения при выборе предпочтительного решения, учитывая неопределенность при вычислении оценок факторов и их весов;
- с другой стороны, представляется возможность задействовать *шкалу отношений*, построенную на основе применения функционала действующих вероятностных Законов. Например, распределения Гаусса, наделенного свойством проявления конкретных значений признака организационного риска для всей площади = 100%, для ее частей, ограниченных пределами: $\bar{x} \pm \sigma = 68,2\%$, $\bar{x} \pm 2\sigma = 95,4\%$, $\bar{x} \pm 3\sigma = 99,6\%$. Здесь представляется возможность подтвердить достоверность результатов суждения экспертов при обработке анкетных данных на **2-м этапе** проведения исследования (первичная обработка результатов анкетных данных), т.е. проверить их на чувствительность. Так как оцениваемые ОР возникают и проявляются в виде опасных событий в разных направлениях безопасности (ПрБ, ПБ, ОТ, ПСП), они являются независимыми, и при использовании формального математического смысла автор исследования счел целесообразным закрепить за каждой альтернативой конкретное числовое значение (табл. 4).

Такой подход позволяет «привязать» конкретные числовые значения к следующим качественным характеристикам:

- имеющим *непосредственное* отношение (*принадлежность абсолютная*) к возникновению и нарастанию условий для нанесения ущерба от аварий и пожаров. В объемном отношении величина составляет $\approx 68,2\%$ (или $\approx 0,682$), и этот показатель присваивается одному из направлений (ПрБ; ПБ; ОТ; ПСП);

Таблица 4 / Table 4

Результаты с показателями негативного воздействия для организационных рисков / Results with Negative Impact Indicators for Organizational Risks

Направления безопасности, отношение / Security directions, attitude							Признак отношения организационного риска к направлению безопасности / Sign of the relationship of organizational risk to the direction of safety	Показатель негативного воздействия / Negative impact indicator
ПрБ		ПБ		ОТ		ПСП	Непосредственное отношение (НО)	0,682
							Опосредованное отношение (ОО)	0,272
							Косвенное отношение (КО)	0,042

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

- имеющим *опосредованное* отношение (*принадлежность приоритетная*) — $\approx 27,2\%$ (или $\approx 0,272$); этот показатель присваивается одному из направлений (ПрБ; ПБ; ОТ; РС ПСП) даже при условии, что ранее оно было охарактеризовано как «имеющее *непосредственное* отношение»;
- имеющим *косвенное* отношение (*принадлежность относительная*) — $\approx 4,6\%$ (или $\approx 0,046$); этот показатель присваивается одному из направлений (ПрБ; ПБ; ОТ; РС ПСП);
- не имеющим *отношение* (то есть ≈ 0) соответствует направлению, которому не был присвоен ни один из представленных выше показателей⁴ [1].

ОБОСНОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для подведения итогов оценки рисков с учетом влияния персонала отдельных видов безопасности (ОТ; ПрБ; ПБ) и ПСП на общее состояние СКБ была сформирована группа, в которую вошли специалисты ПАО «Мосэнерго» по анализу:

- аварий (эксперты отдельного вида безопасности ПрБ);
- пожаров (эксперты отдельного вида безопасности ПБ);
- производственного травматизма (эксперты отдельного вида безопасности ОТ).

Численность экспертной группы была рассчитана по формуле

$$n_T = \frac{c\bar{a}_n - b}{\bar{a}_n(1 - c)}, \quad (6)$$

где n_T — требуемое количество экспертов; a_n — среднеарифметическое значение оценок n экспертов; b — оценка, полученная от дополнительного $(n + 1)$ -го эксперта; c — мера влияния на групповую оценку одного результата суждения эксперта:

$$c = \frac{\bar{a}_{n+1}}{\bar{a}_n}. \quad (7)$$

В данном случае $c = 1$ при $\bar{a}_n = b$; $c > 1$ при $\bar{a}_n < b$; $c < 1$ при $\bar{a}_n > b$.

⁴ Гвоздев Е. В., Садовский Б. С., Гвоздева Е. Д. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2024680621 РФ. Калькулятор оценки влияния персонала подсистем на состояние системы комплексной безопасности взрывопожароопасных предприятий. № 2024665338 от 30.08.2024.

Если выразить $\bar{a}_{(n+1)}$ через \bar{a}_n и b , то формула выглядит так:

$$\bar{a}_{n+1} = \frac{n\bar{a}_n + b}{n + 1}. \quad (8)$$

Тогда итоговое значение будет представлено в виде

$$c = \frac{n\bar{a}_n + b}{(n + 1)\bar{a}_n}. \quad (9)$$

Каждому эксперту потребовалось решить задачу с использованием отчетных материалов комиссии, расследующей аварию на предприятии ПАО «Нижекамскнефтехим» (НГК России) в 2016 г. — организационные риски перечислены в табл. 5, а их оценки в нормированном виде (полученные экспертами путем применения вероятностного распределения Гаусса) приведены в табл. 6

Максимальным показателем (табл. 6) является оценка эксперта 4 ($b=0,728$). Итоговое расчетное значение $\bar{a}_n=0,47$, а $\bar{a}_{n+1}=0,51$, рассчитано по форму-

ле (8). Была найдена мера влияния суждений индивидуального эксперта на групповую оценку $c=1,08$ согласно формуле (9). Результаты расчетов подтвердили необходимость в расширении группы экспертов до семи человек, согласно формуле (9):

$$n_T = \frac{1,08 \cdot 0,47 - 0,728}{0,47(1 - 1,08)} \approx 7.$$

Был определен минимальный состав специалистов, способный обеспечить требуемое влияние суждения индивидуального эксперта на групповую оценку [20; 21].

При обработке экспертных данных из каждого анализируемого отчета об аварии формируются показатели (коэффициенты) негативного воздействия организационных рисков R_o для направлений (ПрБ; ПБ; ОТ; РС ПСП):

$$R_o \{ \text{ПрБ; ПБ; ОТ; РС ПСП} \} \approx \lambda_{\text{Вл} \{1;2;3;4\}} \in \{ \text{ПрБ; ПБ; ОТ; РС ПСП} \}, \quad (10)$$

где $\lambda_{\text{Вл}1} = 0,682$; $\lambda_{\text{Вл}2} = 0,272$; $\lambda_{\text{Вл}3} = 0,046$; $\lambda_{\text{Вл}4} \approx 0$.

Результаты расчетов на основе информации из отчетов об авариях на предприятиях НГК России в 2014 и 2015 гг. представлены на рис. 8.

Значение показателей эффективности влияния каждого из направлений безопасности $\lambda_{\text{Вл} \{ \text{ПрБ; ПБ; ОТ; РС ПСП} \}}$ определяется как разность соотношений между величинами рисков: организационного, проявившегося в ОС (1 – как 100% воздействие), и полученного

Таблица 5 / Table 5

**Перечень организационных рисков, сформированный при анализе аварий /
List of Organizational Risks Formed During the Analysis of Accidents**

№	Организационные риски / Organizational risks
1	Недостаточная герметичность арматуры на смонтированном участке трубопровода в нижней части емкости
2	Наличие источников зажигания внутри каре емкостного парка (не произведено отключение сварочного поста), приведшего к воспламенению горючей среды
3	Неудовлетворительная организация приемки выполненных работ после монтажа оборудования
4	Нарушение порядка безопасного ввода в эксплуатацию емкости после монтажа
5	Неэффективность производственного контроля

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

Таблица 6 / Table 6

**Результаты экспертных оценок рисков в нормированном виде /
Results of Expert Risk Assessments in Standardized Form**

Эксперты / Experts	1	2	3	4	5
Оценка эксперта	0,318	0,318	0,682	0,728	0,318

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.



**Рис. 8 / Fig. 8. Показатели негативного воздействия направлений безопасности за 2014–2015 гг. /
Indicators of the negative impact of security trends in 2014–2015**

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

на основе решения экспертов по выбранному ими направлению, которое имеет (*непосредственное, опосредованное или косвенное*) отношение. Тогда показатель эффективности влияния каждого из направлений безопасности будет рассчитан:

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{ВЛ}} S_{(\text{ПрБ})} &= 1 - \varphi_{(s_1)}; \lambda_{\text{ВЛ}} S_{(\text{ПБ})} = 1 - \varphi_{(s_2)}; \\ \lambda_{\text{ВЛ}} S_{(\text{ОТ})} &= 1 - \varphi_{(s_3)}; \lambda_{\text{ВЛ}} S_{(\text{РС ПСП})} = 1 - \varphi_{(s_4)}, \end{aligned} \quad (11)$$

где $\varphi_{\{s_1, s_2, s_3, s_4\}}$ — показатели негативного воздействия персонала для каждого НБ (ПрБ; ПБ; ОТ; ПСП), которые изменяют общее состояние СКБ в худшую сторону.

Графики (см. рис. 8) позволяют сосредоточиться на организационных рисках, которые возникли в направлении безопасности (РС ПСП) и имеют высокий показатель негативного воздействия — $\varphi_{(s_4)}$.

Показатели эффективности влияния $\lambda_{\text{Вл}}$ для направлений (ПрБ; ПБ; ОТ; РС ПСП), рассчитанные по формуле (11) при обработке отчетов об авариях на предприятиях НГК России за 2014 и 2015 гг., представлены на рис. 9.

С целью подтверждения достоверности оценок экспертов потребовалось определить истинные числовые отношения с привязкой к направлениям безопасности по формуле

$$\bar{w} = \frac{\sum_{i=1}^n w_i}{n}, \quad (12)$$

где \bar{w} — общий показатель средневзвешенной оценок; n — количество отчетов в выборке.

А для оценки согласованности мнений экспертов использовалась модель качества согласованности K_c как разности между аддитивной средневзвешенной оценок экспертов и средневзвешенной оценок их отклонений вида:

$$K_c = \Theta_{\text{И}}, \quad (13)$$

$$\Theta_{\text{И}} = \Theta_{\text{С}} - \sum_{j=1}^n w_j, \quad (14)$$

$$\Theta_{\text{С}} = \sum_{i=1}^n w_i = 1, 0. \quad (15)$$

Здесь $\Theta_{\text{С}}$ — результат средневзвешенной оценок экспертов; $\Theta_{\text{И}}$ — результат средневзвешенной оценок с учетом отклонений от $\Theta_{\text{С}}$, w_i и w_j — показатели как оценок, так и их отклонений.

Данные табл. 7 подтверждают качество согласованности оценок экспертов, потому что итоговый расчетный показатель соответствует условию решения экспертных задач $\Theta_{\text{И}} \leq 0,1$.

Достоверность вычислений подтверждается корректностью применения усовершенствованного метода расстановки приоритетов, усиленного функционалом вероятностного распределения Гаусса. Чувствительность обеспечивается благодаря использованию параметрических подходов с установлением среднего значения и его среднеквадратичного отклонения в виде показателя дисперсии для выборки данных (табл. 8).

ВЫВОДЫ

В ходе исследования проведен анализ ретроспективной, текущей и экспертной информации в области безопасного функционирования предприятий НГК России.

Обосновано практическое использование усовершенствованного метода расстановки приоритетов, используемого для оценки организационных рисков, возникающих из-за недостаточных действий персонала, который осуществляет контроль в отношении работников производственных структурных подразделений.

Продемонстрирован пример, позволяющий доказать оправданность применения этого метода на предприятиях НГК России.

Для снижения рисков нанесения ущерба от ОС (аварий и пожаров), а также уменьшения их

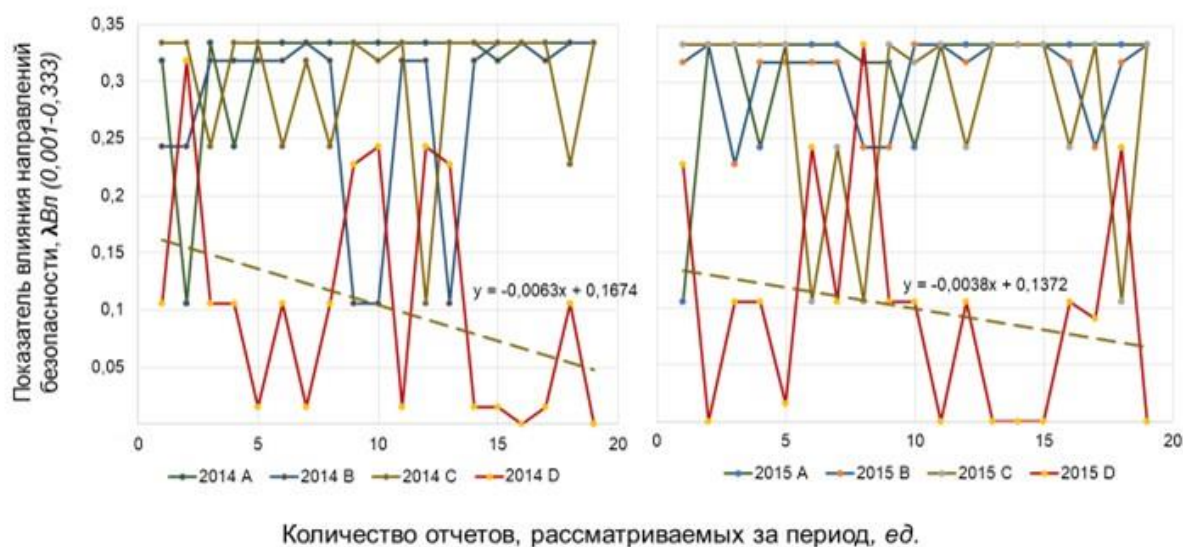


Рис. 9 / Fig 9. Показатели эффективности влияния направлений безопасности за 2014–2015 гг. / Indicators of the Effectiveness of the Impact of Security Trends in 2014–2015

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

Таблица 7 / Table 7

**Результаты проверки качества согласованности экспертов /
The Results of the Quality Control of the Experts' Consistency**

Фактор принадлежности / Belongingness factor		Общие результаты индивидуальных оценок экспертов с отношением признака организационного риска к направлению безопасности (НО; ОО; КО) / Overall results of individual expert assessments with the relationship of the organizational risk indicator to the security area (NO; OO; KO)							Э _с	Э _н
		1 эксперт	2 эксперт	3 эксперт	4 эксперт	5 эксперт	6 эксперт	7 эксперт		
ОТ	НО	0	0	0	0	0	0	0	0,06	0,02
	ОО	0,03	0,08	0,08	0,09	0,05	0,06	0,06		
	КО	0,03	0,05	0,09	0,04	0,07	0,05	0,06		
ПБ	НО	0,09	0,21	0,16	0,12	0,17	0,14	0,11	0,14	0,04
	ОО	0,14	0,11	0,09	0,21	0,16	0,12	0,17		
	КО	0,17	0,14	0,11	0,09	0,21	0,16	0,12		
П р Б	НО	0,08	0,2	0,15	0,11	0,16	0,13	0,1	0,13	0,04
	ОО	0,13	0,1	0,08	0,2	0,15	0,11	0,16		
	КО	0,16	0,13	0,1	0,08	0,2	0,15	0,11		
ПСП	НО	0,83	0,59	0,69	0,77	0,67	0,73	0,79	0,66	0,06
	ОО	0,70	0,71	0,75	0,50	0,64	0,71	0,61		
	КО	0,64	0,68	0,70	0,79	0,52	0,64	0,71		

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

Таблица 8 / Table 8

**Математический аппарат, обосновывающий достоверность и чувствительность при обработке данных /
Mathematical Apparatus That Substantiates the Reliability and Sensitivity of Data Processing**

Достоверность / Reliability		
Метод расстановки приоритетов	$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} dx$	$\begin{aligned}\sigma_1 &= 0,682 \\ \sigma_2 &= 0,272 \\ \sigma_3 &= 0,046 \\ \sigma_4 &\approx 0\end{aligned}$
Анализ чувствительности / Sensitivity analysis		
$\bar{x}_a = \frac{\sum_{S=1}^{S=n} x_S m_S}{\sum_{S=1}^{S=n} m_S}$	$\sigma^2 = \frac{\sum_{S=1}^{S=n} (x_S - \bar{x}_a)^2 \cdot m_S}{\sum_{S=1}^{S=n} m_S}$	

Источник / Source: составлено автором / Compiled by the author.

Примечание / Note: μ – математическое ожидание / μ – mathematical expectation; $(\sigma_1; \sigma_2; \sigma_3; \sigma_4)$ – показатели с учетом среднеквадратического отклонения / $(\sigma_1; \sigma_2; \sigma_3; \sigma_4)$ – indicators taking into account the standard deviation; \bar{x}_a – показатель среднего значения для выборки данных / \bar{x}_a – the mean value indicator for a data sample; x_S – показатель риска в середине интервалов (S) интервального ряда / x_S – risk indicator in the middle of the intervals (S) of the interval series; m_S – показатель вероятности проявления риска (частоты, повторяемости) совокупности признаков для интервального ряда / m_S is the indicator of the probability of risk manifestation (frequency, repeatability) of a set of features for an interval series; n – перечень рисков по объекту выборки / n – list of risks for the sample object; σ^2 – показатель дисперсии для выборки данных / σ^2 – dispersion measure for a data sample/

размеров, на производствах, относящихся к нефтегазовому комплексу, целесообразно создавать СКБ — новую систему, способную диагностировать проблемные ситуации, в оперативном порядке

вырабатывать управляющие воздействия (предназначенные для лиц, принимающих решения, и направленные на предупреждение организационных рисков).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гвоздев Е.В. Методика оценки рисков в системе комплексной безопасности, предназначенной для предупреждения аварий и пожаров на взрывопожароопасных предприятиях. *Пожаровзрывобезопасность*. 2025;34(1):59–69. DOI: 10.22227/0869-7493.2025.34.01.59-69
2. Mkrtchyan L., Straub U., Giachino M., Kocher T., Sansavini G. Insurability risk assessment of oil refineries using Bayesian Belief Networks. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2022;74:104673. DOI: 10.1016/j.jlp.2021.104673
3. Махутов Н.А., Матвиенко Ю.Г., Романов А.Н. и др. Проблемы прочности, техногенной безопасности и конструкционного материаловедения. М.: Ленанд; 2018. 720 с.
4. Гражданкин А.И. Анализ опасностей и оценка риска крупных аварий в нефтегазовой и угольной промышленности. Дис. ... докт. техн. наук. М.: НТИЦ ПБ; 2017. 340 с.
5. Shargatov V.A., Sumsokoi S.I., Pecherkin A.S. Simulation of gas release from pipelines using a new numerical method based on the Godunov approach. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019;1205:012050. DOI: 10.1088/1742-6596/1205/1/012050
6. Оксман В.С., Ткаченко В.М., Фоминцова А.В., Гражданкин А.И. О методическом обеспечении совершенствования государственного надзора за состоянием промышленной безопасности на объектах ведения горных работ, металлургических производств и обращения взрывчатых материалов. *Безопасность труда в промышленности*. 2024;(5):26–35. DOI: 10.24000/0409-2961-2024-5-26-35
7. Порошин А.А., Удавцова Е.Ю., Бобринев Е.В. и др. Оценка уровня пожарной опасности объектов промышленности на основе статистических методов. *Безопасность труда в промышленности*. 2020;(3):12–17. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-3-12-17
8. Вишневецкий В.П., Матюшин А.В., Стельмахова Н.В. Налоговое регулирование экономического роста в условиях послекризисного восстановления: проблемы и перспективы. *Проблемы прогнозирования*. 2025;(1):109–123. DOI: 10.47711/0868-6351-208-109-123
9. Денисов А.Н., Порошин А.А., Данилов М.М. и др. Генезис развития, современные реалии научно-методического и нормативного правового обоснования понятий «крупный пожар», «сложный (затяжной) пожар». *Пожаровзрывобезопасность*. 2025;34(2):5–19. DOI: 10.22227/0869-7493.2025.34.02.5-19
10. Akimov V., Bedilo M., Derendiaeva O., Ivanova E., Oltyan I. Forecast of natural emergency situations with modern methods. *Reliability: Theory & Applications*. 2022;17(S 4):71–77. DOI: 10.24412/1932-2321-2022-470-71-77
11. Akimov V., Ivanova E., Oltyan I.S. Statistical models for forecasting emergency situations of a biological and social character. *Reliability: Theory & Applications*. 2023;18(4):41–45. DOI: 10.24412/1932-2321-2023-476-41-45
12. Cheng J., Greiner R., Kelly J., Bell D., Liu W. Learning Bayesian networks from data: An information-theory based approach. *Artificial Intelligence*. 2002;137(1–2):43–90. DOI: 10.1016/S 0004-3702(02)00191-1
13. Bochkov A. Reflections on dual nature of risk. Toward a formalism. *Reliability: Theory & Applications*. 2023;18(S 5):44–74. DOI: 10.24412/1932-2321-2023-575-44-74
14. Гвоздев Е.В. Межсистемное взаимодействие и связи в системе комплексной безопасности, предназначенной для предупреждения аварий и пожаров на взрывопожароопасных предприятиях. *Безопасность труда в промышленности*. 2024;(12):40–46. DOI: 10.24000/0409-2961-2024-12-40-46
15. Блумберг В.А., Глушенко В.Ф. Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов. Л.: Лениздат; 1982. 160 с.
16. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Пер. с англ. М.: Радио и связь; 1993. 320 с.
17. Беллман Р. Введение в теорию матриц. Пер. с англ. М.: Наука; 1976. 352 с.
18. Беликов А.Б., Симонян В.В. Математическая обработка результатов геодезических измерений. М.: НИУ МГСУ; 2016. 432 с.
19. Alamdari A.M., Jabarzadeh Y., Adams B., Samson D., Khanmohammadi S. An analytic network process model to prioritize supply chain risks in green residential megaprojects. *Operations Management Research*. 2023;16(1):141–163. DOI: 10.1007/s12063-022-00288-2

20. Анохин А.М., Готов В.А., Павельев В.В., Черкашин А.М. Методы определения коэффициентов важности критериев. *Автоматика и телемеханика*. 1997;(8):3–35.
21. Гвоздев Е.В. Разработка модели оценки влияния персонала на состояние системы комплексной безопасности, созданной на производственных предприятиях. *Безопасность труда в промышленности*. 2024;(2):7–15. DOI: 10.24000/0409-2961-2024-2-7-15

REFERENCES

1. Gvozdev E.V. Methodology of risk assessment in the system of integrated safety designed to prevent accidents and fires at explosion and fire hazardous enterprises. *Pozharovzryvbezopasnost' = Fire and Explosion Safety*. 2025;34(1):59–69. (In Russ.). DOI: 10.22227/0869-7493.2025.34.01.59-69
2. Mkrtchyan L., Straub U., Giachino M., Kocher T., Sansavini G. Insurability risk assessment of oil refineries using Bayesian Belief Networks. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2022;74:104673. DOI: 10.1016/j.jlp.2021.104673
3. Makhutov N.A., Matvienko Yu.G., Romanov A.N., et al. Problems of strength, technogenic safety and structural materials science. Moscow: Lenand; 2018. 720 p. (In Russ.).
4. Grazhdankin A.I. Hazard analysis and risk assessment of major accidents in the oil, gas and coal industries. Doct. techn. sci. diss. Moscow: STC "Industrial Safety"; 2017; 340 p. (In Russ.).
5. Shargatov V.A., Sumskoi S.I., Pecherkin A.S. Simulation of gas release from pipelines using a new numerical method based on the Godunov approach. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019;1205:012050. DOI: 10.1088/1742-6596/1205/1/012050
6. Oksman V.S., Tkachenko V.M., Fomintsova A.V., Grazhdankin A.I. On the methodological support for improvement of the state supervision over industrial safety conditions at objects of mining, metallurgical productions, and explosives in use. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2024;(5):26–35. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2024-5-26-35
7. Poroshin A.A., Udavtsova E. Yu., Bobrinev E.V., et al. Assessment of fire hazard level of industrial objects based on the statistical methods. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2020;(3):12–17. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2020-3-12-17
8. Vishnevsky V.P., Matyushin A.V., Stel'makhova N.V. Tax regulation of economic growth in the context of post-crisis recovery: Problems and prospects. *Studies on Russian Economic Development*. 2025;36(1):66–76. DOI: 10.1134/S 1075700724700539 (In Russ.: *Problemy prognozirovaniya*. 2025;(1):109–123. DOI: 10.47711/0868-6351-208-109-123).
9. Denisov A.N., Poroshin A.A., Danilov M.M., et al. The genesis of development, modern realities of scientific, methodological and normative legal substantiation of the concepts of "large fire", "complex (protracted) fire". *Pozharovzryvbezopasnost' = Fire and Explosion Safety*. 2025;34(2):5–19. (In Russ.). DOI: 10.22227/0869-7493.2025.34.02.5-19
10. Akimov V., Bedilo M., Derendiaeva O., Ivanova E., Oltyan I. Forecast of natural emergency situations with modern methods. *Reliability: Theory & Applications*. 2022;17(4):71–77. DOI: 10.24412/1932-2321-2022-470-71-77
11. Akimov V., Ivanova E., Oltyan I.S. Statistical models for forecasting emergency situations of a biological and social character. *Reliability: Theory & Applications*. 2023;18(4):41–45. DOI: 10.24412/1932-2321-2023-476-41-45
12. Cheng J., Greiner R., Kelly J., Bell D., Liu W. Learning Bayesian networks from data: An information-theory based approach. *Artificial Intelligence*. 2002;137(1–2):43–90. DOI: 10.1016/S 0004-3702(02)00191-1
13. Bochkov A. Reflections on dual nature of risk. Toward a formalism *Reliability: Theory & Applications*. 2023;18(S 5):44–74. DOI: 10.24412/1932-2321-2023-575-44-74
14. Gvozdev E.V. Intersystem interaction and relationships in the integrated safety system designed to prevent accidents and fires at explosion- and fire-hazardous enterprises. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2024;(12):40–46. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2024-12-40-46
15. Blumberg V.A., Glushchenko V.F. Which solution is better? The method of prioritization. Leningrad: Lenizdat; 1982. 160 p. (In Russ.).
16. Saaty T.L. Decision making for leaders: The analytical hierarchy process for decisions in a complex world. Maastricht: Lifetime Learning; 1982. 291 p. (Russ. ed.: Saaty T. Prinyatie reshenii. Metod analiza ierarkhii. Moscow: Radio i svyaz'; 1993. 320 p.).

17. Bellman R.E. Introduction to matrix analysis. New York, NY.: McGraw-Hill, Inc.; 1966. 360 p. (Russ. ed.: Bellman R. Vvedenie v teoriyu matrits. Moscow: Nauka; 1976. 352 p.).
18. Belikov A.B., Simonyan V.V. Mathematical processing of geodetic measurement results. Moscow: Moscow State University of Civil Engineering; 2016. 432 p. (In Russ.).
19. Alamdari A.M., Jabarzadeh Y., Adams B., Samson D., Khanmohammadi S. An analytic network process model to prioritize supply chain risks in green residential megaprojects. *Operations Management Research*. 2023;16(1):141–163. DOI: 10.1007/s12063-022-00288-2
20. Anokhin A.M., Glotov V.A., Paveliev V.V., Cherkashin A.M. Methods for determining coefficients of criteria importance. *Avtomatika i telemekhanika = Automation and Remote Control*. 1997;(8):3–35. (In Russ.).
21. Gvozdev E.V. The development of assessment model of personnel's influence on the condition of the integrated safety system established at production plants. *Bezopasnost' truda v promyshlennosti = Occupational Safety in Industry*. 2024;(2):7–15. (In Russ.). DOI: 10.24000/0409-2961-2024-2-7-15

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / ABOUT THE AUTHOR



Евгений Владимирович Гвоздев — кандидат технических наук, доцент кафедры механизации, автоматизации и роботизации в строительстве, Московский государственный строительный университет, Москва, Российская Федерация

Evgeny V. Gvozdev — Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Prof. of the Department of Mechanization, Automation and Robotics in Construction, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russian Federation

<https://orcid.org/0000-0002-3679-1065>

evgvozdev@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Conflicts of Interest Statement: The author has no conflicts of interest to declare.

Статья поступила в редакцию 07.07.2025; после рецензирования 13.10.2025; принята к публикации 25.11.2025.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

The article was submitted on 07.07.2025; revised on 13.10.2025 and accepted for publication on 25.11.2025.

The author read and approved the final version of the manuscript.