

Научная статья
УДК 614.841.24
doi:10.34987/vestnik.sibpsa.2025.15.10.019

Обоснование необходимости применения интегрального показателя безопасности при обеспечении пожарной и промышленной безопасности

Вячеслав Георгиевич Бурлов¹
Юрий Дмитриевич Кузнецов
Сергей Юрьевич Капицын
Анастасия Алексеевна Домостроева
Артём Васильевич Трофимович

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

¹<https://orcid.org/0000-0001-7603-9786>

Автор, ответственный за переписку: Бурлов Вячеслав Георгиевич, burlovvg@mail.ru

Аннотация. В работе рассматриваются различные количественные параметры оценки безопасности, закрепленные в нормативно-правовых актах Российской Федерации. Их анализ показал, что используемый в настоящее время нормативный подход к обеспечению безопасности страдает концептуальной неполнотой. Существующие методики в качестве меры опасности используют риск, который характеризуется различными показателями. Ни один из используемых показателей не характеризует опасность с точки зрения срыва целевой деятельности объекта. Более того, в нормативном подходе не обозначена концептуальная связь между понятиями «риск» и «безопасность», что приводит к невозможности оценить безопасность объекта защиты оценив для него показатели риска, установленные нормативно-правовыми актами. В данной работе предложено решение по ликвидации описанной концептуальной неполноты. Осуществив моделирование управленческого решения, лежащего в основе любых мероприятий по обеспечению безопасности, построена концепция системы безопасности на основе системообразующего фактора, позволяющая исключить малоэффективный перебор альтернатив. Количественная оценка уровня безопасности в такой концепции осуществляется при помощи интегрального показателя безопасности. В рамках работы также построена функциональная зависимость данного показателя от величины риска, что позволило формализовать связь между понятиями «риск» и «безопасность».

Ключевые слова: пожарная и промышленная безопасность, естественно-научный подход к синтезу, структурно-функциональное моделирование, системы управления безопасностью

Для цитирования: Бурлов В.Г., Кузнецов Ю.Д., Капицын С.Ю., Домостроева А.А., Трофимович А.В. Обоснование необходимости применения интегрального показателя безопасности при обеспечении пожарной и промышленной безопасности // Сибирский пожарно-спасательный вестник. 2025. № 3 (38). С. 201-213.
<https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.15.10.019>.

Original article.

Justification of the need to apply an integral safety indicator in ensuring fire and industrial safety

Vyacheslav G. Burlov¹

Yuriy D. Kuznetsov

Sergey Yu. Kapitsin

Anastasiya A. Domostroeveva

Artem V. Trofimovich

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author: Vyacheslav G. Burlov, burlovvg@mail.ru

Abstract. The paper examines various quantitative parameters for assessing safety as established in the regulatory legal acts of the Russian Federation. The analysis revealed that the current regulatory approach to ensuring safety suffers from conceptual incompleteness. Existing methodologies use risk as a measure of hazard. Risk can be characterized by various indicators. None of the risk indicators used characterizes the hazard in terms of object operability disruption. Moreover, the regulatory approach does not indicate the conceptual relationship between the concepts of "risk" and "safety", which leads to the impossibility of object safety assessment by risk assessment conduction. In this paper we propose a solution to eliminate the described conceptual incompleteness. By modeling the management process that underlies any safety measures, a safety system concept is developed based on a system-forming factor, which allows for the exclusion of inefficient alternatives evaluation process. The quantitative safety assessment within this concept is achieved through an integral safety indicator. Additionally, the paper establishes a functional dependence of this indicator on the level of risk, which formalizes the relationship between "risk" and "safety".

Keywords: fire and industrial safety, natural-scientific approach to synthesis, structural-functional modeling, safety management systems

For citation: Burlov V.G., Kuznetsov Yu.D., Kapitsin S.Yu., Domostroeveva A.A., Trofimovich A.V. Justification of the need to apply an integral safety indicator in ensuring fire and industrial safety // Siberian Fire and Rescue Bulletin. 2025. № 3 (38). С. 201-213. (In Russ.) <https://doi.org/10.34987/vestnik.sibpsa.2025.15.10.019>.

Введение

На данный момент в Российской Федерации распространен риск-ориентированный подход, подразумевающий оценку риска для объекта обеспечения безопасности и построение стратегии обеспечения безопасности на основе полученной оценки. Рассмотрим показатели риска, применяемые в промышленной и пожарной безопасности.

Потенциальный риск (потенциальный территориальный риск) – частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке на территории опасного производственного объекта [1].

Индивидуальный риск – ожидаемая частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых поражающих факторов аварии [1].

Коллективный риск – ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени [1].

Социальный риск – зависимость частоты возникновения сценариев аварий F , в которых пострадало на определенном уровне не менее N человек [1].

Пожарный риск – мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей [2].

Индивидуальный пожарный риск – пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара [2].

Социальный пожарный риск – степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара [2].

Для данных показателей риска характерен ряд недостатков. Важнейшим их недостатком является тот факт, что ни один из показателей не является интегральным, а значит, не характеризует потенциальную опасность, способную произойти на объекте защиты в целом. Каждый из рассмотренных показателей ограничивается рассмотрением и оценкой одного из аспектов потенциальной опасности. Индивидуальный риск, например, характеризует опасность для конкретного индивида за указанный промежуток времени, а потенциальный риск характеризует опасность определенной территории.

Следует также обратить внимание, что ни один из этих показателей не связан с целевой деятельностью объекта защиты. Рассмотренные показатели позволяют давать оценку опасности в случае ее реализации, позволяя прогнозировать тяжесть последствий при реализации опасности (аварии или пожара). Еще одной особенностью устоявшегося подхода к оценке риска является рассмотрение опасности в статике, в один конкретный момент времени. Так, например, рассмотренные показатели риска привязываются к определенному временному промежутку (как правило – один год) и для такого временного промежутка осуществляется однократная оценка риска. В действительности, деструктивные воздействия – динамичны, равно как и меры, направленные на противодействие им. Таким образом, уровень безопасности постоянно изменяется с течением времени. Данный факт не находит отражения в рассмотренном нормативном подходе.

Немаловажным является и тот факт, что нормативный подход позволяет решать только прямую задачу. Такое ограничение порождает невозможность применять рассмотренный подход для решения обратной задачи и, следовательно, формировать условия существования процесса с наперед заданными свойствами, одним из которых является безопасность. То есть, нормативный подход не обладает инструментами для управления риском и управления безопасностью объекта защиты.

В данной статье предлагается рассмотреть другой подход к трактованию понятия «риск». Риск характеризует неподготовленность людей, ответственных за эксплуатацию объекта защиты, к осуществлению целевой деятельности объекта. В такой постановке риск рассматривается исходя из предположения, что опасность не реализуется и, соответственно, характеризует «право на ошибку».

Применение закона сохранения целостности объекта

Введем в рассмотрение закон сохранения целостности объекта (ЗСЦО). ЗСЦО - устойчивая повторяющаяся связь свойств объекта и свойств действия при фиксированном предназначении. Поскольку Мир познается и осознается субъектом через три базовых свойства: «объективность», «целостность» и «изменчивость», ЗСЦО отражает эти базовые свойства в виде компонентов процесса: «объект», «предназначение» и «действие» [3,4,5]. ЗСЦО является системообразующим фактором (СОФ), который, в свою очередь, позволяет получить условие существования процесса функционирования рассматриваемого объекта защиты. Применение ЗСЦО позволяет осуществить переход от статики к динамике в вопросе оценки безопасности. Соответственно, такой переход позволяет сформировать инструмент для решения обратной задачи управления безопасностью и формировать процессы с наперед заданными свойствами [6,7].

В рассматриваемом подходе ЗСЦО используется для формулирования управленческих решений, на основе которых будет строиться концепция обеспечения безопасности объекта защиты и реализовываться конкретные организационно-технические мероприятия по обеспечению безопасности. Сущность таких управленческих решений заключается в обеспечении лицом, принимающим решения (ЛПР), который является субъектом управления, условий реализации предназначения объекта управления в соответствующей обстановке, которая представляет из себя совокупность факторов и условий, в которых осуществляется деятельность [3,7].

Как уже было указано выше, управленческое решение является основой системы обеспечения безопасности объекта. Последовательность реализации управленческих решений, воплощенных в организационно-технических мероприятиях, реализованных на объекте защиты, приводит к формированию системы обеспечения безопасности.

Формирование системы обеспечения безопасности может осуществляться на основе одного из двух подходов: на основе анализа или на основе синтеза [8]. Нормативный подход, рассмотренный выше, представляет собой построение системы на основе анализа. Так, например, процедура оценки риска, являющаяся основой обеспечения безопасности в нормативном подходе, включает процедуру анализа опасностей, которая является основой для оценки рисков и формирования управленческих решений [1]. Аналитический подход позволяет провести быструю компоновку рассматриваемых элементов и оценить характеристики получившейся системы. Однако, такой подход не гарантирует, что сформированная таким образом система обеспечения безопасности будет функционировать с требуемой эффективностью.

Среди авторов, рассматривавших вопросы построения и реализации управленческих решений как основы для формирования системы, можно выделить Моисеева Н.Н. [9], Орловского С.А. [10] и Новикова Д.А. [11]. В своих работах под решением они понимали «выбор альтернатив», который осуществлялся зачастую с применением аппарата теории игр, нелинейного программирования и т. п. Однако, известные системотехники В.В. Дружинин и Д.С. Конторов [12] отмечали, что подход, строящийся на «выборе альтернатив», страдает концептуальной неполнотой и не гарантирует достижения заданной цели. Преимущества модели решения, разработанной на основе синтеза, представлены на Рис.1.

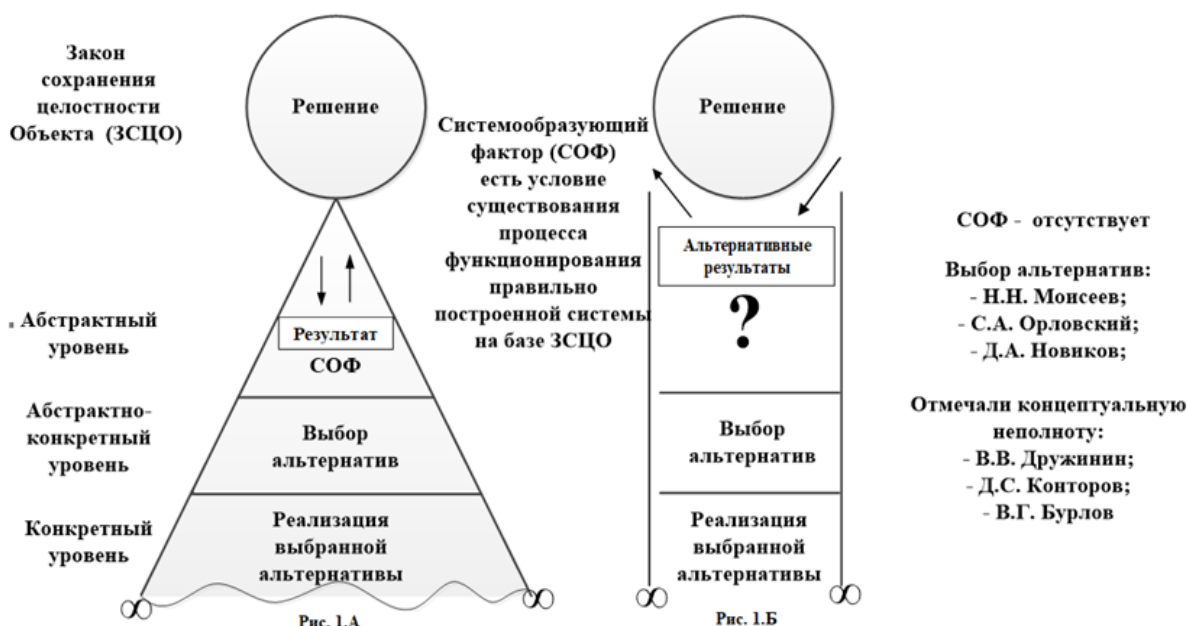


Рис.1. Роль СОФ в системе, построенной на базе ЗСЦО

Главным преимуществом системы, построенной на основе синтеза, является наличие СОФ. Системообразующий фактор, являющийся условием существования процесса, концептуально является отправной точкой для процесса принятия решения. Его наличие позволяет исключить из рассмотрения перебор альтернатив и сформировать управленческое решение, которое будет гарантировать выполнение системой заданных функций. В рассматриваемом случае, система обеспечения безопасности будет обеспечивать реализацию объектом защиты его предназначения с уровнем гарантии, характеризующимся показателем безопасности.

Из вышеизложенного можно сделать следующий вывод: системы, построенные с использованием подхода на основе анализа (Рис.1.Б), страдают концептуальной неполнотой

и не гарантируют достижения поставленной цели, в отличие от моделей, создаваемых на основе синтеза (Рис.1.А). Также, данная схема иллюстрирует процесс мыслительной деятельности человека, которая осуществляется на трех уровнях: конкретном, абстрактно-конкретном и абстрактном. Каждому из рассмотренных уровней соответствует определенный этап процесса принятия решения.

Рассуждения, приведенные выше, обосновывают применение подхода на основе синтеза к построению систем обеспечения безопасности. Для осуществления управления безопасностью объекта защиты, ЛПР необходимо формировать управленческие решения. Для количественной оценки влияния управляющих воздействий на безопасность системы, построенной на основе синтеза, необходимо сформировать модель управленческого решения. Помимо формирования самой модели, необходимо проверить ее адекватность. Осуществить проверку адекватности модели можно тремя способами:

- Проверкой на практике.
- Сравнением с эталоном.
- Полнотой учета основных законов предметной области.

В данной работе был использован третий подход, а обеспечение полноты учета законов предметной области обеспечивалось применением ЗСЦО.

Моделирование управленческого решения как основы построения системы на основе синтеза

Решение в общем виде является цепочкой логических рассуждений. Для обеспечения адекватности решения сложившейся обстановке, логические рассуждения должны быть непротиворечивы, чего можно добиться путем применения формального аксиоматического метода при построении рассуждений. Для этого, определим элементы, участвующие в процессе выработки управленческого решения:

- Человек, его сознание.
- Окружающий Мир.
- Всеобщая связь явлений, позволяющая осуществлять познание.

Далее, осуществим интеграцию трех рассмотренных элементов, применяя естественно-научный подход, что позволяет сформулировать условия, гарантирующие достижение целей осуществляемой деятельности. Интеграция трех элементов приводит к формированию трех принципов:

- Принцип трехкомпонентности познания (три уровня познания).
- Принцип целостности Мира (реализуется ЗСЦО).
- Принцип познаваемости мира (реализуется тремя методами: декомпозиция, абстрагирование и агрегирование).

Поскольку человек осуществляет свою деятельность через свойства, определим также три свойства, следующих из трехкомпонентности системы: изменчивость, объективность и целостность. Приведенные выше умозаключения позволяют представить управленческое решение в виде структурной схемы (Рис.2).



Рис.2. Структурная схема понятия «управленческое решение»

Рассмотрим представление процесса принятия управленческого решения на технологическом (конкретном) уровне мышления. Данный процесс необходимо рассмотреть через три свойства, следующих из трехкомпонентности системы:

- «Обстановка», которая является совокупностью факторов и условий, в которых осуществляется деятельность.
- «Информационно-аналитическая работа», которая является непрерывным добыванием, сбором, изучением, отображением и анализом данных об обстановке.
- «Решение» - условие реализации предназначения объекта.

Таким образом, решение является связующим звеном между объективными факторами среды, образующими обстановку, влияющую на целевую деятельность объекта, и информационно-аналитическую деятельность, в которую, в том числе, входят требования к результатам целевой деятельности объекта. В итоге, управленческое решение в системе, построенной на основе синтеза, должно быть направлено на определение таких значений параметров процесса целевой деятельности, при которых будет обеспечена безопасность. В целях данного исследования под безопасностью понимается свойство объекта защиты, выраженное в его способности осуществлять целевую деятельность в условиях деструктивных воздействий.

Теперь, необходимо применить к полученной для технологического (конкретного) уровня структурной схеме научные методы декомпозиции, абстрагирования и агрегирования (Рис.3). Декомпозиция представляет собой разбиение системы на элементы. Абстрагирование представляет собой процесс формализации каждого из элементов системы, полученных в процессе декомпозиции. Агрегирование подразумевает интеграцию формализованных элементов в единую математическую модель (синтез математической модели), которая в нашем случае позволит осуществлять управление безопасностью объекта защиты.



Рис.3. Структурная схема процесса синтеза математической модели решения

Следует подробнее рассмотреть этап формализации. При применении данного метода, каждому из элементов системы в соответствие ставится его математическая модель. Для обстановки, решения и информационно-аналитической деятельности математическими моделями являются $\Delta t_{пп}$ и $T_э$, $\Delta t_{пп}$, $\Delta t_{ип}$ соответственно. Их физический смысл объясняется следующим образом.

Угрозы возникают с определенной частотой, зависящей от $\Delta t_{пп}$ – среднее время возникновения угрозы (проявления проблемы). Для нейтрализации угрозы необходимо ее идентифицировать (скорость идентификации зависит от $\Delta t_{ип}$ – среднего времени идентификации угрозы), после чего необходимо непосредственно нейтрализовать угрозу (скорость нейтрализации зависит от $\Delta t_{нп}$ – среднего времени нейтрализации проблемы). Помимо обозначенных процессов возникновения угрозы и борьбы с ней, существует также и процесс непосредственно целевой деятельности, который можно разбить на некоторые производственные циклы, характеризующиеся временем выполнения $T_э$. Диаграмма проявления данных базовых элементов, из которых формируется управленческое решение представлена на Рис.4.

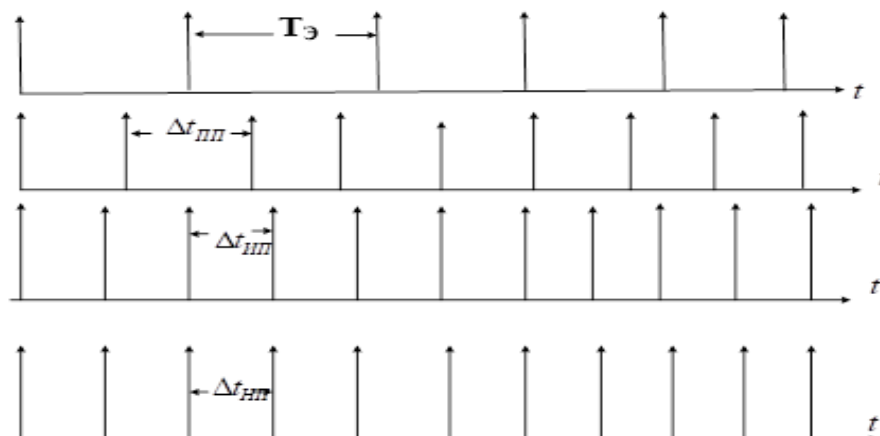


Рис.4. Диаграмма проявления базовых элементов формирования управленческого решения

Результативность управления определяется выражением (1). Если совокупное время идентификации и нейтрализации угрозы 1 не превышает времени, необходимого для появления угрозы 2 (следующей угрозы), то управленческая деятельность считается результативной.

$$\Delta t_{ип} + \Delta t_{нп} < \Delta t_{пп} \quad ((1))$$

При моделировании управленческого решения рассматриваются четыре процесса:

- Процесс образования угрозы, характеризуется вектором «х» (2)

$$\Delta t_{пп} = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad ((2))$$

- Процесс идентификации угрозы, характеризуется вектором «у» (3)

$$\Delta t_{ип} = f(y_1, y_2, \dots, y_m) \quad ((3))$$

- Процесс нейтрализации угрозы, характеризуется вектором «z» (4)

$$\Delta t_{нп} = f(z_1, z_2, \dots, z_k) \quad (4)$$

- Процесс выполнения целевой деятельности, характеризуется вектором $\aleph$ (5)

$$T_3 = f(\aleph_1, \aleph_2, \dots, \aleph_e) \quad (5)$$

Таким образом, формализованная модель управленческого решения принимает вид (6):

$$P = f(\Delta t_{пп}, \Delta t_{ип}, \Delta t_{нп}) \quad (6)$$

Данная модель управленческого решения представляет рассматривать его как систему с дискретными состояниями и непрерывным временем, что позволяет использовать при моделировании уравнения Колмогорова [3]. Для этого, перейдем от абсолютных значений времени ($T_3, \Delta t_{пп}, \Delta t_{ип}, \Delta t_{нп}$) к частоте (интенсивности) наступления соответствующих событий ($\zeta^+, \lambda, \nu_1, \nu_2$).

При осуществлении деятельности возникают угрозы с интенсивностью (7):

$$\lambda = \frac{1}{\Delta t_{пп}} \quad (7)$$

Возникшие угрозы идентифицируются с интенсивностью (8):

$$\nu_1 = \frac{1}{\Delta t_{ип}} \quad (8)$$

Нейтрализация идентифицированных угроз осуществляется с интенсивностью (9):

$$\nu_2 = \frac{1}{\Delta t_{нп}} \quad (9)$$

Интенсивность выполнения целевой деятельности характеризуется выражением (10):

$$\zeta^+ = \frac{1}{T_3} \quad (10)$$

ЛПР в целях обеспечения безопасности осуществляет две функции (идентификация, нейтрализация) применительно к возникающим угрозам. В совокупности с наличием целевой деятельности, это порождает наличие четырех состояний системы:

- S_1 – штатная ситуация функционирования системы управления, которая не требует формирования управляющих воздействий; состояние на начало рассматриваемого процесса;
- S_2 – ситуация функционирования системы управления, в которой она находится в результате реализации управляющего воздействия; достижение объектом цели управления;
- S_3 – состояние (ситуация) проявления угрозы;
- S_4 – состояние (ситуация) идентификации (выявления) угрозы, которую надо нейтрализовать;

Каждое из рассмотренных состояний системы характеризуется вероятностью пребывания системы в данном состоянии. Таким образом, состояниям S_1, S_2, S_3, S_4 будут соответствовать вероятности пребывания в этих состояниях P_1, P_2, P_3, P_4 .

Здесь прослеживается четкая связь решения, которое является управляющим воздействием и системы, которая выполняет свою целевую деятельность. При нахождении объекта защиты в состоянии S_3 , необходимо провести идентификацию угрозы, на что будет затрачено время $\Delta t_{\text{ип}}$. Данный этап является подготовительным для процесса подключения имеющихся в распоряжении ЛПР ресурсов для нейтрализации угрозы. После идентификации угрозы, система переходит в состояние S_4 , на котором производится выработка управленческого решения, сопряженного с определением необходимых ресурсов и путей их использования для достижения результатов целевой деятельности в условиях деструктивных воздействий. В этом случае, если ЛПР обладает достаточными ресурсами и подготовленностью, проблема нейтрализуется, и система переходит в состояние S_2 . Цель управленческой деятельности достигнута. Если ЛПР затратил слишком большое количество времени на решение поставленных задач, то происходит срыв целевой деятельности и переход в состояние S_1 .

Описанный выше срыв, обусловленный неподготовленностью ЛПР, и является риском срыва целевой деятельности ζ^- . То есть, данный показатель характеризует право ЛПР на ошибку и показывает, как часто ЛПР может допускать ошибки при требуемом уровне обеспечения безопасности, что позволяет выдвигать квалификационные требования к ЛПР.

На основании всего вышеизложенного был сформирован граф состояний системы, приведенный на Рис.5.

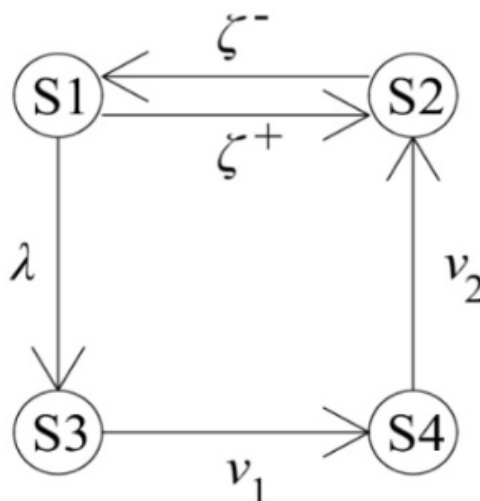


Рис.5. Граф состояний системы

Вероятности $P_i(t)$, соответствующие каждому из состояний S_i , вычисляются путем решения системы дифференциальных уравнений Колмогорова, имеющих вид (11), где $i = 0, 1, \dots, n$.

$$\frac{dP_i(t)}{dt} = \sum_{j=1}^n \lambda_{ji} P_j(t) - P_i(t) \sum_{j=1}^n \lambda_{ij} \quad (11)$$

Величина $\lambda_{ji} P_j(t)$ – это поток вероятности перехода из состояния S_i , в состояние S_j , при этом интенсивность потоков λ_{ij} может как зависеть от времени, так и быть постоянной.

Применительно к рассматриваемой ситуации, система дифференциальных уравнений Колмогорова примет вид (12):

$$\begin{cases} \frac{dP_1(t)}{dt} = -(\zeta^+ + \lambda)P_1(t) + \zeta^-P_2(t) \\ \frac{dP_2(t)}{dt} = \zeta^+P_1(t) - \zeta^-P_2(t) + \nu_2P_4(t) \\ \frac{dP_3(t)}{dt} = \lambda P_1(t) - \nu_1P_3(t) \\ \frac{dP_4(t)}{dt} = \nu_1P_3(t) - \nu_2P_4(t) \end{cases} \quad (12)$$

Поскольку система имеет конечное число состояний S , то сумма вероятностей нахождения системы в заданных состояниях равна единице, поскольку система обязана находиться в одном из данных состояний (13).

$$P_1(t) + P_2(t) + P_3(t) + P_4(t) = 1 \quad (13)$$

Рассматриваемая система дифференциальных уравнений может быть сведена к системе линейных алгебраических уравнений, исходя из предположения, что процесс стационарный (14).

$$\begin{aligned} -(\zeta^+ + \lambda)P_1(t) + \zeta^-P_2(t) &= 0 \\ \zeta^+P_1(t) - \zeta^-P_2(t) + \nu_2P_4(t) &= 0 \\ \lambda P_1(t) - \nu_1P_3(t) &= 0 \\ \nu_1P_3(t) - \nu_2P_4(t) &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

Система (14) имеет решение следующего вида (15):

$$\begin{aligned} P_1 &= \frac{\zeta^- \nu_1 \nu_2}{\lambda \zeta^- \nu_1 + \lambda \zeta^- \nu_2 + \lambda \nu_1 \nu_2 + \zeta^+ \nu_1 \nu_2 + \zeta^- \nu_1 \nu_2} \\ P_2 &= \frac{\lambda \nu_1 \nu_2 + \zeta^+ \nu_1 \nu_2}{\lambda \zeta^- \nu_1 + \lambda \zeta^- \nu_2 + \lambda \nu_1 \nu_2 + \zeta^+ \nu_1 \nu_2 + \zeta^- \nu_1 \nu_2} \\ P_3 &= \frac{\lambda \zeta^- \nu_2}{\lambda \zeta^- \nu_1 + \lambda \zeta^- \nu_2 + \lambda \nu_1 \nu_2 + \zeta^+ \nu_1 \nu_2 + \zeta^- \nu_1 \nu_2} \\ P_4 &= \frac{\lambda \zeta^- \nu_1}{\lambda \zeta^- \nu_1 + \lambda \zeta^- \nu_2 + \lambda \nu_1 \nu_2 + \zeta^+ \nu_1 \nu_2 + \zeta^- \nu_1 \nu_2} \end{aligned} \quad (15)$$

Обоснование необходимости использования интегрального показателя безопасности

Показатель P_2 является показателем безопасности, который характеризует степень гарантированности достижения объектом защиты поставленных задач в процессе целевой деятельности. В нормативном подходе, который был рассмотрен в вводной части данной работы, отсутствуют показатели, характеризующие безопасность. В данном исследовании данная концептуальная неполнота была ликвидирована путем введения показателя P_2 (интегрального показателя безопасности). Более того, данная работа также разрешает концептуальную неполноту нормативного подхода, которая существует в отношении понятий «безопасность» и «риск». Нормативный подход не устанавливает никакой взаимосвязи между данными категориями.

Представленная методика позволяет оценить, как количественно соотносятся показатель безопасности и показатель риска, поскольку, как видно из второго уравнения выражения (15), показатель безопасности является функцией риска $P_2 = f(\zeta^-)$. Предположив, что все прочие интенсивности переходов – постоянны, становится возможным оценить зависимость уровня безопасности от величины риска, который трактуется как право на ошибку (Рис.6) [13].

Для построения функциональной зависимости были использованы следующие значения интенсивностей: $\zeta^+ = 0,2732$, $\lambda = 0,0021$, $\nu_1 = 0,0156$, $\nu_2 = 0,0145$.

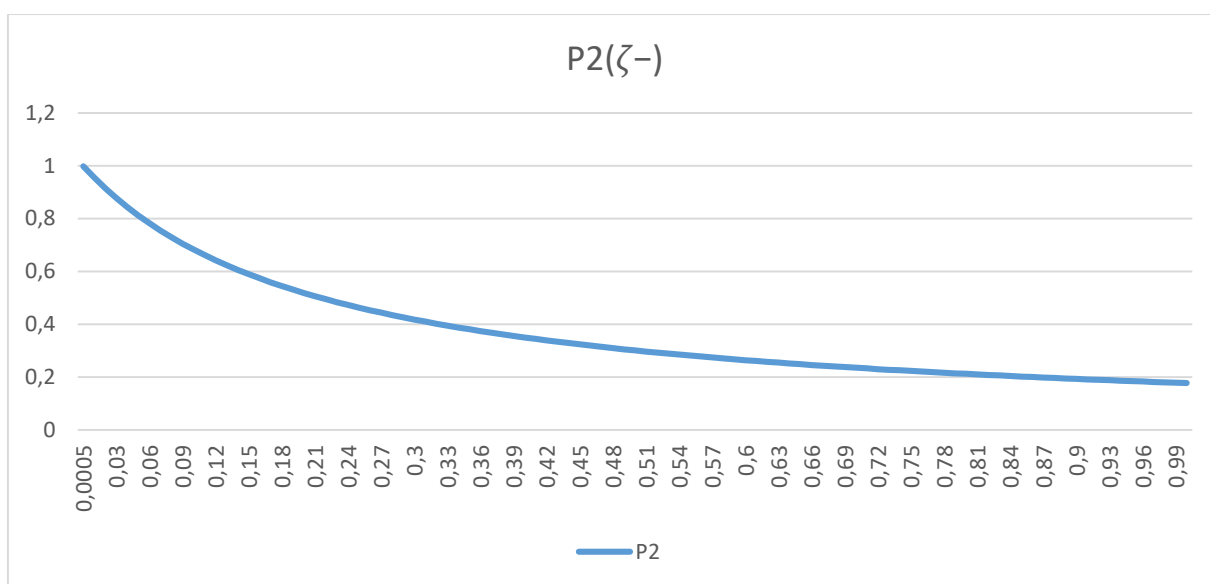


Рис. 6. Функциональная зависимость показателя безопасности от величины риска

Данная зависимость абсолютно согласуется с физикой процесса: чем чаще допускает ошибки ЛПР (т.е. чем ниже степень его подготовленности), тем ниже безопасность объекта защиты. Таким образом, на основе требуемого значения показателя безопасности, возможно определение величины допустимого риска для каждого из объектов защиты.

Список источников

1. Законы. Об утверждении Руководства по безопасности «Методические основы анализа опасностей и оценки риска аварий на опасных производственных объектах»: Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 03.11.2022 № 387 // КонсультантПлюс: сайт. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_441374/.
2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 14.07.2022) // КонсультантПлюс: сайт. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82596/.
3. Истомин Е.П., Бурлов В.Г., Абрамов В.М., Соколов А.Г., Биденко С.И. Модель поддержки принятия решений в рамках экологической экономики: 19-я Международная междисциплинарная научная геоконференция SGEM 2019 // Экологическая экономика. Материалы конференции. София, 2019. С. 139–146. — URL: <https://www.sgem.org/index.php/sgem2019>.
4. Абрамов В.М., Бурлов В.Г., Истомин Е.П., Шилин М.Б., Соколов А.Г., Алешин И.В., Чусов А.Н. Разработка инструментов геоинформационной и геоэкологической поддержки экономики окружающей среды // Материалы 33-й Международной конференции Ассоциации управления деловой информацией IBIMA 2019: Передовое образование и инновационный менеджмент в рамках Видения 2020. 2019. С. 7053-7061. — URL: <https://www.ibima.org/>.
5. Андреев А.В., Бурлов В.Г., Грачев М.И. Информационные технологии и модель процесса управления на предприятии // Международная научно-техническая конференция «EastConf», EastConf 2019. 2019. С. 8725428. — URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8725428>.
6. Бурлов В. Г., Кузнецов Ю. Д., Капицын С. Ю. Разработка модели системы автоматизированного мониторинга магистральных газопроводов в целях обеспечения пожарной и промышленной безопасности // Сибирский пожарно-спасательный вестник: электрон. аналит. журн. 2022. № 4(27). С. 65–74. DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.10.96.012. EDN HCAWMP. — URL: <https://vestnik.sibpsa.ru/>.
7. Бурлов В.Г., Матвеев А.В. Основы теории синтеза облика системы обеспечения безопасности и способов ее функционирования на потенциально опасных объектах // Проблемы управления рисками в техносфере: науч. журн. 2012. № 3(23). С. 1–13.

8. Гуд Г.Х., Маккол Р.Э. Системотехника: введение в проектирование больших систем: учеб. пособие. — М.: Советское радио, 1962. — 383 с.
9. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа. — М.: Наука, 1981. — 468 с.
10. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечёткой исходной информации. — М.: Наука, 1981. — 207 с.
11. Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Введение в теорию управления организационными системами: учеб. пособие / под ред. Д.А. Новикова. — 2-е изд. — М.: ЛИБРОКОМ, 2013. — 261 с
12. Дружинин В.В., Конторов Д.С., Конторов М.Д. Введение в теорию конфликта. — М.: Радио и связь, 1989. — 288 с.
13. Браун Д.Б. Анализ и проектирование систем безопасности // Проектирование систем безопасности. — Энглвуд-Клиффс, Нью-Джерси: Прентис-Холл, 1976. — 256 с.

References

1. Laws. On approval of the Safety Manual "Methodological Foundations of Hazard Analysis and Accident Risk Assessment at Hazardous Production Facilities": Order No. 387 of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision dated 03.11.2022 // ConsultantPlus: website. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_441374/.
2. Technical Regulations on fire safety requirements: Federal Law No. 123-FZ dated 07/22/2008 (as amended on 07/14/2022) // ConsultantPlus: website. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_82596/.
3. Istomin E.P., Burlov V.G., Abramov V.M., Sokolov A.G., Bidenko S.I. The decision support model in the framework of ecological economics: the 19th International Interdisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019 // Ecological economics. Conference materials. Sofia, 2019. pp. 139-146. — URL: <https://www.sgem.org/index.php/sgem2019>.
4. Abramov V.M., Burlov V.G., Istomin E.P., Shilin M.B., Sokolov A.G., Alyoshin I.V., Chusov A.N. Development of tools for geoinformation and geocological support of the environmental economy / / Proceedings of the 33rd International Conference of the Association for Business Information Management IBIMA 2019: Advanced education and innovative management in within the framework of the Vision 2020. 2019. pp. 7053-7061. — URL: <https://www.ibima.org/>.
5. Andreev A.V., Burlov V.G., Grachev M.I. Information technologies and the management process model at the enterprise // International Scientific and Technical Conference "EastConf", EastConf 2019. 2019. p. 8725428. — URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8725428>.
6. Burlov V. G., Kuznetsov Yu.D., Kapitsyn S. Y. Development of a model of an automated monitoring system for main gas pipelines in order to ensure fire and industrial safety // Siberian Fire and Rescue Bulletin: electron. the analyte. Journal. 2022. No. 4(27). pp. 65-74. DOI 10.34987/vestnik.sibpsa.2022.10.96.012. EDN HCAWMP. — URL: <https://vestnik.sibpsa.ru/>.
7. Burlov V.G., Matveev A.V. Fundamentals of the theory of synthesis of the appearance of the security system and ways of its functioning at potentially dangerous facilities // Problems of risk management in the technosphere: scientific journal 2012. № 3(23). pp. 1-13.
8. Good G.H., McCall R.E. System engineering: an introduction to designing large systems: studies. the manual. — М.: Soviet radio, 1962. — 383 p
9. Moiseev N.N. Mathematical problems of system analysis. — М.: Nauka, 1981. — 468 p.
10. Orlovskiy S.A. Problems of decision—making with fuzzy initial information. Moscow: Nauka Publ., 1981, 207 p.
11. Burkov V.N., Korgin N.A., Novikov D.A. Introduction to the theory of management of organizational systems: textbook. the manual / edited by D.A. Novikov. — 2nd ed. — М.: LIBROCOM, 2013. — 261 p.
12. Druzhinin V.V., Kontorov D.S., Kontorov M.D. Introduction to the theory of conflict. Moscow: Radio and Communications, 1989. 288 p.
13. Brown D.B. Analysis and design of security systems // Design of security systems. Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice—Hall, 1976. 256 p.

Информация об авторах

В.Г. Бурлов – доктор технических наук

Information about the author

V.G. Burlov – Doctor of Technical Sciences

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 27.08.2025, одобрена после рецензирования 15.09.2025, принята к публикации 16.09.2025.

The article was submitted 27.08.2025, approved after reviewing 15.09.2025, accepted for publication 16.09.2025.