
ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Научная статья

УДК 614.842.8; DOI: 10.61260/1998-8990-2024-4-102-118

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ВЗРЫВОПОЖАРООПАСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

✉ Гвоздев Евгений Владимирович.

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет, Москва, Россия

✉ evgvozdev@mail.ru

Аннотация. Представлено обоснование о целесообразности создания системы комплексной безопасности на взрывопожароопасных предприятиях. В организационной системе управления, имеющей неформализованную природу взаимодействия между органом управления и управляемыми объектами, возникает необходимость учитывать недоработки (ошибки) персонала для отдельных видов безопасности (пожарной и промышленной безопасности, охраны труда), осуществляющих функцию контроля за исполнением установленных требований нормативно-правовых актов и нормативных документов в отношении персонала, входящего в состав производственных структурных подразделений на взрывопожароопасных предприятиях. Продемонстрирован пример с отображением сценариев с недоработками (ошибками) в одном из видов безопасности (пожарной и промышленной безопасности, охраны труда), подтверждающих факты нанесения ущербов другим взаимодействующим отдельным видам безопасности.

Ключевые слова: организационно-техническая система, комплексная деятельность, система комплексной безопасности, отдельные виды безопасности, состояние системы, качество влияния, научно-методический аппарат, постановка проблемы, негативное воздействие отдельных видов безопасности

Для цитирования: Гвоздев Е.В. Обоснование целесообразности создания системы комплексной безопасности на взрывопожароопасных предприятиях // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 4 (72). С. 102–118. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-4-102-118.

Scientific article

JUSTIFICATION OF THE EXPEDIENCY OF CREATING AN INTEGRATED SAFETY SYSTEM AT EXPLOSION AND FIRE-HAZARDOUS ENTERPRISES

✉ Gvozdev Evgeniy V.

National research moscow state university of civil engineering, Moscow, Russia

✉ evgvozdev@mail.ru

Abstract. The rationale for the expediency of creating an integrated safety system at explosion- and fire-hazardous enterprises is presented. In the organizational management system, which has an informal nature of interaction between the management body and managed facilities, it becomes necessary to take into account the shortcomings (errors) of personnel for certain types of safety (fire and industrial safety, labor protection), performing the function of monitoring compliance with the established requirements of regulatory legal acts and regulatory documents

in relation to personnel who are part of the production structural divisions at explosion- and fire-hazardous enterprises. An example is demonstrated with the display of scenarios with flaws (errors) in one of the types of safety (fire and industrial safety, labor protection), confirming the facts of damage to other interacting individual types of safety.

Keywords: organizational system, complex activity, complex security system, certain types of security, state of the system, quality of influence, scientific and methodological apparatus, problem statement, negative impact of certain types of security

For citation: Gvozdev E.V. Justification of the expediency of creating an integrated safety system at explosion and fire-hazardous enterprises // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2024. № 4 (72). P. 102–118. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-4-102-118.

Введение

Анализ статистики аварий и пожаров на взрывопожароопасных предприятиях (ВПО предприятия) свидетельствует о том, что ежегодно на них происходит совместных опасных событий (аварий и пожаров) около 20 % от общего числа аварий, ущерб от которых составляет около 46 % от общего ущерба от аварий. Такие события приводят к санитарным и безвозвратным потерям персонала и третьих лиц [1–5]. Возникновение совместных опасных событий (аварий и пожаров) на ВПО предприятия целесообразно рассматривать как чрезвычайные ситуации (ЧС) объектового (муниципального) уровней по следующим основаниям:

- ущерб от них, как правило, исчисляется десятками миллионов рублей;
- при их возникновении растут негативные показатели, связанные с потерей устойчивости функционирования ВПО предприятий, которые участвуют в процессе обеспечения жизнедеятельности населения, проживающего в крупных городах, где могут быть созданы неблагоприятные условия, представляющие угрозу для жизнеобеспечения населения. К таким ВПО предприятиям, функционирующим на территории Москвы, относятся предприятия: ПАО «Мосводоканал», ПАО «Мосэнерго», ПАО «МОЭК» и др.

Безопасность функционирования ВПО предприятий, рассматриваемая в исполнении функционала отдельными видами безопасности, такими как пожарная безопасность (ПБ), промышленная безопасность (ПрБ), охрана труда (ОТ), обеспечивается за счет исполнения требований, изложенных в нормативно-правовых актах (НПА) и нормативных документах (НД), утвержденных в органах управления, уполномоченных в отношении отдельных видов деятельности (ПрБ, ПБ, ОТ) осуществлять контрольно-надзорную деятельность, к которым относятся: Ростехнадзор, МЧС России, Минтруд. Каждым из рассматриваемых органов управления, осуществляющих контрольно-надзорную деятельность, разработаны проекты НПА и НД, в которых утверждены требования (рекомендации) по созданию для отдельных видов безопасности (ПрБ, ПБ, ОТ) систем управления (обеспечения), представленных в табл. 1.

На ВПО предприятиях, несмотря на то, что до настоящего времени в законодательном порядке еще не утверждены требования о создании системы комплексной безопасности (СКБ), возникает необходимость ее создавать и развивать. Причиной этого являются следующие противоречия:

1. С одной стороны, целенаправленная деятельность по функционированию представленных в табл. 1 систем управления (обеспечения) (система управления промышленной безопасностью (СУПБ), система предотвращения пожара (СПП), система противопожарной защиты (СПЗ), комплекс организационно-технических мероприятий (КОТМ), система управления охраной труда (СУОТ) осуществляется персоналом, выполняющим трудовые обязанности на ВПО предприятиях в отдельных видах безопасности (ПрБ, ПБ, ОТ). Рассматриваемые системы управления (обеспечения) осуществляют управляющие воздействия на управляемые объекты в пределах полномочий курирующих их органов управления,

осуществляющих контрольно-надзорную деятельность. Деятельность рассматриваемых систем управления (обеспечения) осуществляется автономно в отдельных видах безопасности (ПрБ, ПБ, ОТ), для которых приняты к исполнению (табл. 1) руководящие документы. Совместная деятельность функционирующих автономно в отдельных видах безопасности, в содержание которых входят представленные выше системы управления (обеспечения), в нынешних условиях наличия множества других руководящих документов не обеспечивают кардинальное снижение рисков нанесения ущербов от аварий и пожаров (рис. 1).

Таблица 1

Системы управления (обеспечения), создаваемые для отдельных видов безопасности (ПрБ, ПБ, ОТ)

Наименование ведомства (отрасли), куратора направления безопасности. Руководящий документ	Направление безопасности, название системы, ее сокращенная аббревиатура, предназначение
Ростехнадзор. Приказ от 9 марта 2023 г. № 103 «Об утверждении руководства по безопасности «Методические рекомендации по разработке систем управления промышленной безопасностью в организациях, эксплуатирующих опасные производственные объекты»	Промышленная безопасность (ПрБ). СУПБ, которую требуется создавать на опасных производственных объектах
МЧС России. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»	Пожарная безопасность (ПБ). СПП, СПЗ, КОТМ, основной целью которых является разработка комплекса мероприятий, исключающих возможность превышения значений допустимого пожарного риска
Минтруд. Федеральный закон № 197-ФЗ от 30 декабря 2001 г. «Трудовой кодекс Российской Федерации»	Охрана труда (ОТ). СУОТ, рассматриваемая в виде комплекса взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов, устанавливающих политику и цели в области охраны труда у конкретного работодателя и процедуры по достижению этих целей

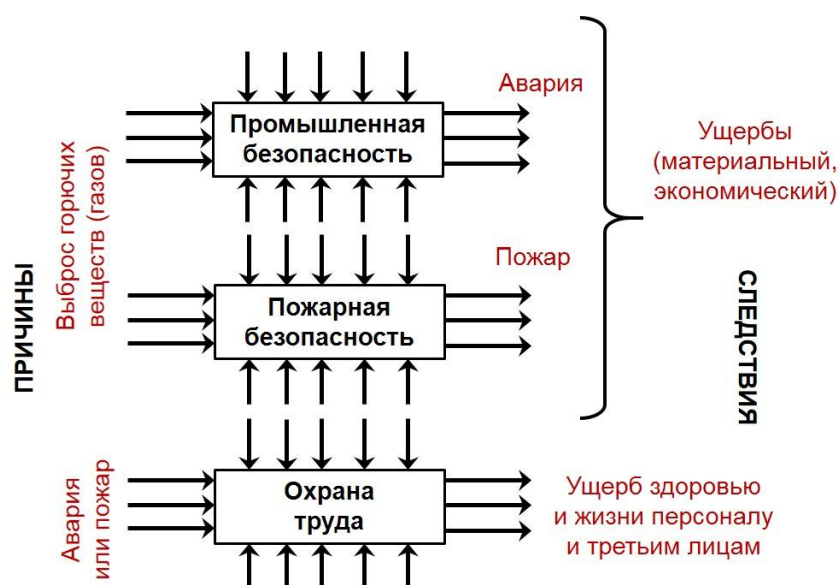


Рис. 1. Органы управления, осуществляющие контрольно-надзорную деятельность в отношении отдельных видов безопасности (ПБ, ПБ, ОТ), в виде автономного управления системами (СУПБ, СПП, СПЗ, КОТМ, СУОТ)

2. С другой стороны, для представленных выше сложных систем управления (обеспечения) с целью снижения рисков нанесения ущерба от аварий и пожаров требуется создание адекватно сложной деятельности, именуемой как комплексная деятельность (КД) в организационно-технической системе (ОТС). Любая ОТС может быть представлена в виде структуры или процесса деятельности, где КД в ОТС вместе образуют «систему с системами» – сложную диалектическую пару [6–10], представляющую собой двойное противостояние в виде взаимодействия «субъекта деятельности СКБ и деятельности организации по обеспечению безопасности» и «предмета деятельности систем (СУПБ, СПП, СПЗ, КОТМ, СУОТ) и деятельности организации по обеспечению безопасности» (рис. 2). Здесь (рис. 2) организационно-технический процесс деятельности по обеспечению безопасности в виде системы комплексной безопасности (СКБ) для предприятий играет роль субъекта деятельности, для чего собственно данная система создается. Сложность функционирования предлагаемой для применения на практике новой «системы с системами» (СКБ) будет учтена вместе с обоснованным использованием определений для «эмерджентности» и «неопределенности». Следует отметить, что уровень сложности функционирования любой организационной системы рекомендуется рассматривать с охватом сложности предмета деятельности систем управления (обеспечения).



Рис. 2. Деятельность организации по обеспечению безопасности, ее субъект и предмет

Углубленный анализ статистики совместных аварий¹ и пожаров², которые произошли на ВПО предприятиях нефтегазового комплекса России (НГК России), позволил установить первопричину для возникновения совместных опасных событий (аварий и пожаров), где источником является первичная опасность, как правило, авария³, которая наносит ущерб объектам защиты в виде динамического воздействия и создает благоприятные условия для возникновения вторичной опасности – пожара⁴. Если период протекания первичной опасности (аварии) исчисляется секундами (минутами), то для вторичной опасности (пожара) он составляет минуты (часы). Отсюда величина в виде ущерба (экономического, материального, санитарных

¹ Ростехнадзор. URL: <https://www.gosnadzor.ru/industrial/oil/lessons/> (дата обращения: 25.05.2024).

² О представлении статистических данных: информ. письмо от начальника Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны МЧС России от 10 апр. 2023 г. № ИВ-117-1466-11-6.

³ Авария – разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ (Федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»).

⁴ Пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства (Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности»).

и безвозвратных потерь персонала и третьих лиц), нанесенных от вторичной опасности (пожара), является результирующей. Однако при рассмотрении первичных и вторичных воздействующих факторов от аварий и пожаров сделаны выводы о том, что при рассмотрении таких совместных опасных событий основная причина принадлежит тому отдельному виду безопасности (ПрБ или ПБ), в котором возник первичный воздействующий фактор [11, 12]. Количественный анализ, представляющий собой соотношение последовательности протекания опасностей в виде рассмотрения первичного фактора (аварии или пожара) или рассмотрения вторичного фактора (пожара или аварии), представлен в пятикратном объемном превышении аварий над пожарами (рис. 3).

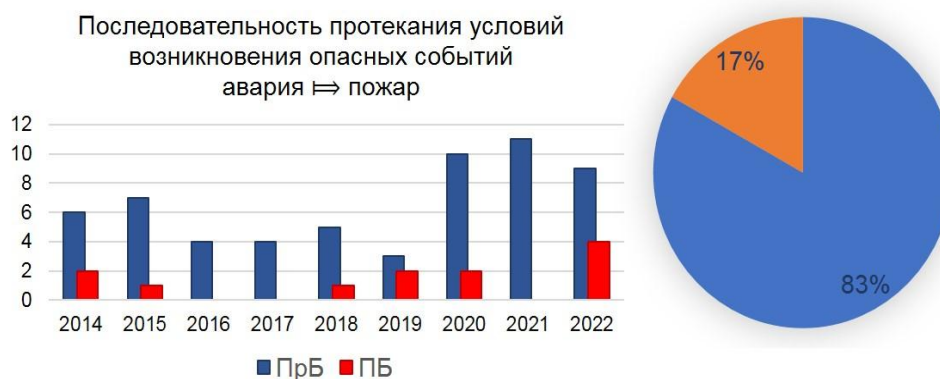


Рис. 3. Последовательность протекания условий возникновения опасных событий (авария – пожар), их общая объемная доля

Представленное на графике отображение показателей с последовательностью протекания условий возникновения опасных событий (авария – пожар) подтверждает приоритет в зависимостях принадлежности первичных факторов к авариям, а значит, приоритет в недоработках персонала отдельного вида безопасности (ПрБ). Здесь (рис. 3) фактор возникновения первичного события в виде аварии становится ключевым [13].

Данная статья посвящена изучению этой пары комплексной деятельности и организационно-технической системе. Углубленное изучение комплексной деятельности и организационно-технической системе позволит наделить «систему систем» (СКБ) новыми свойствами, взятыми из неформализованной природы объектов функционирования, то есть представить описание для СКБ в виде организационного влияния органа управления на управляемые объекты, где основным результатом является качество влияния. Именно качество влияния является результирующим показателем, необходимым для поддержания безопасного состояния СКБ, которую автор статьи предлагает создать [14].

В независимой неправительственной международной организации, которая занимается выпуском стандартов (International Organization for Standardization, ISO), под качеством понимается степень соответствия совокупности присущих характеристик объекта требованиям (ИСО 9000:2015, 3.6.2). Настоящий термин отличается от целей ИСО 9001, в котором внимание уделяется качеству продукции и услуг для предоставления уверенности в способности организации поставлять соответствующую продукцию и услуги и повышать удовлетворенность ее потребителей. В ГОСТе⁵ представлено определение для показателя качества продукции, под которым понимается количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления. По ГОСТу⁶ под качеством организации понимается степень, с которой присущие организации характеристики удовлетворяют

⁵ ГОСТ 15467–79. Межгосударственный стандарт. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.

⁶ ГОСТ Р ИСО 9004–2019. Менеджмент качества. Качество организации. Руководство по достижению устойчивого успеха организации.

потребностям и ожиданиям ее потребителей и других заинтересованных сторон для достижения устойчивого успеха. Однако представленные сформулированные определения имеют непосредственное отношение к овеществленной природе функционирования объектов материального мира, представляющих собой продукцию производства (услуг) в виде конечного продукта. Для СКБ, рассматриваемой в виде базовой надстройки над системами управления (обеспечения), процессы управления в которой рассматриваются на ВПО предприятиях в виде неовещественного воздействия отдельных видов безопасности по отношению к персоналу структурных подразделений (ПСП), потребовалось сформулировать определение для качества влияния отдельных видов безопасности по отношению к состоянию СКБ, функционирующей на ВПО предприятиях (качество влияния). Под качеством влияния предлагается понимать результат эффективного функционирования СКБ на ВПО предприятиях, полученный на основе изменения факторов негативного воздействия отдельных видов безопасности на управляемые объекты персонала (ПСП).

Проведение дальнейших исследований в изучении нового направления по организационному влиянию органа управления на управляющие объекты позволит решать задачи по снижению (исключению) рисков нанесения ущерба (экономического и материального, ущерба здоровью и жизни персонала и третьим лицам). Эффективное функционирование СКБ при качественном влиянии на ее состояние отдельных видов безопасности будет обеспечено в том случае, когда будет определена оценка состояния «системы систем» (СКБ).

Учитывая тот факт, что риски нанесения ущерба от опасных событий (аварий и пожаров) в основном принадлежат отдельным управляемым объектам – персоналу, работающему в производственных структурных подразделениях (ПСП) ВПО предприятия, то оценка состояния «системы систем» будет напрямую зависеть от результатов негативных воздействий отдельных видов безопасности и персонала (ПСП) (рис. 4).



Рис. 4. Содержание СКБ, созданной на ВПО предприятии

Основная цель, сформулированная автором статьи, заключается в определении факторов негативного воздействия отдельных видов безопасности и ПСП на общее состояние СКБ. Под состоянием СКБ предложено понимать научно-обоснованное описание параметров, которыми рассматриваемая система обладает, требующих преобразования в характеристики с количественными значениями для поддержания или повышения уровня СКБ. Лицо, принимающее решение (ЛПР), сможет внести корректировки в процесс управления комплексной безопасностью на ВПО предприятии, так как ему будут известны результаты количественных значений факторов негативного воздействия отдельных видов безопасности и ПСП на общее состояние СКБ [15].

Описание процесса функционирования СКБ на ВПО предприятиях

Концепция безопасного функционирования СКБ, созданной на предприятии, основывается на соблюдении следующих принципов:

- иерархической управляемости всех отдельных видов безопасности и ПСП, входящих в СКБ ВПО предприятия как в условиях повседневной деятельности, так и в период возникновения опасного события (аварии и пожара);
- постоянного контроля за поддержанием безопасного состояния в отдельных видах безопасности и ПСП, входящих в содержание СКБ ВПО предприятия;
- создания требуемого запаса, предназначенного для преодоления опасных событий (аварий и пожаров), содержание и объем которого формируется на основе достаточности выработанных компенсирующих мероприятий, направленных на снижение (исключение) рисков нанесения ущерба [15];
- использование в сложной СКБ функциональных характеристик для эмерджентности и неопределенности. Здесь под эмерджентностью будем понимать проявление новой системой систем СКБ непрогнозируемых свойств или поведения существующих систем (СУПБ, СПП, СПЗ, КОТМ, СУОТ), которые не наблюдаются, пока новая система СКБ не создана или не промоделирована [16]. Следовательно, категория неопределенности (свойства и поведение систем) будет все время проявляться в виде определения параметров (расчетных значений) для качественных характеристик, наделенных неформализованным набором связей при существующем межсистемном взаимодействии.

Описание процесса в форме отображения причинно-следственных связей, взаимосвязей и взаимодействия процессов последовательности исполнения трудовых функций направлений безопасности (ПрБ, ПБ, ОТ, ПСП), входящих в СКБ предприятия, позволит представить цепочку нарастания событий, приводящих к авариям и пожарам на предприятиях (рис. 5).

На рис. 5 представлена последовательность протекания цепочек с повседневными ситуациями, недоработки в которых могут привести к иницирующим, промежуточным и далее конечным событиям, рассматриваемым как опасные события (аварии и пожары).

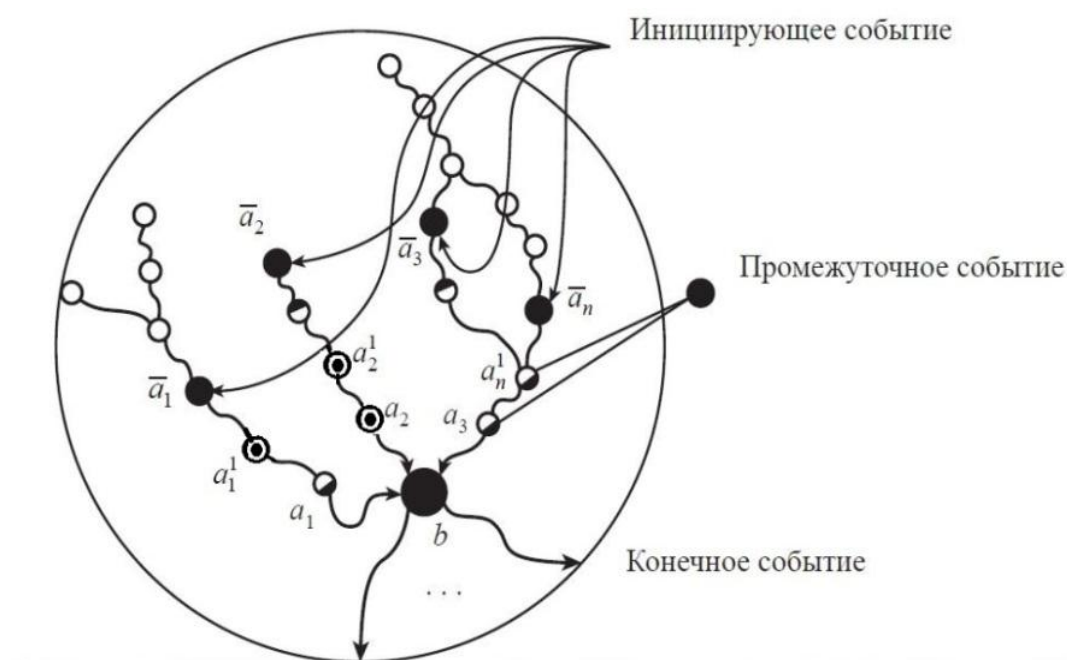


Рис. 5. Цепочка нарастания событий, приводящих к авариям и пожарам

При проведении исследований по функционированию СКБ на ВПО предприятиях всегда рассматривается базовый набор взаимодействующих между собой объектов и процессов, при декомпозиции которых можно выделить следующие базовые процессы-кластеры:

- управленческие информационные процессы;
- процессы деятельности персонала, входящего в состав отдельных видов безопасности и ПСП;
- процессы по взаимодействию между собой отдельных видов безопасности и ПСП;
- процессы по формированию и использованию запаса в отдельных видах безопасности и ПСП;
- процессы по осуществлению функции контроля за исполнением требований ПрБ;
- процессы по осуществлению функции контроля за исполнением требований ПБ;
- процессы по осуществлению функции контроля за исполнением требований ОТ;
- процессы по исполнению требований, утвержденных в отдельных видах безопасности персоналом (ПСП).

В общем виде СКБ, функционирующая на ВПО предприятиях, представляет собой сложную систему, состоящую из функционирующих автономно отдельных видов безопасности и ПСП. Частные цели для представленных базовых процессов-кластеров будут достигнуты за счет использования теоретико-множественного подхода для систематизации представленных целей в следующем сочетании подмножества признаков:

$P = (P_1, P_2, \dots, P_n)$ – показатель функционирования СКБ, формируемый на основе аддитивности показателей функционирования отдельных видов безопасности и ПСП;

$N = (N_1, N_2, \dots, N_n)$ – обозначение СКБ и каждого входящего в ее содержание отдельных видов безопасности и ПСП;

$Sh = (Sh_1, Sh_2, \dots, Sh_n)$ – численность персонала СКБ, формируемый на основе аддитивности численности персонала, выполняющего трудовые обязанности в отдельных видах безопасности и ПСП;

$Z = (Z_1, Z_2, \dots, Z_n)$ – общее количество задач, требуемых решения в СКБ, формируемое на основе аддитивности количества задач, решаемых персоналом, выполняющим трудовые обязанности в отдельных видах безопасности и ПСП;

$U = (U_1, U_2, \dots, U_n)$ – общий объем ущербов нанесенных ВПО предприятиям в виде (безвозвратных и санитарных потерь персонала, чел.; экономического ущерба, руб.), взятых из статистики по расследованию аварий (в Ростехнадзоре), пожаров (в МЧС России), несчастных случаев на производстве (в Минтруде);

$S = (\lambda_{ВЛ}S_{N1}, \lambda_{ВЛ}S_{N2}, \dots, \lambda_{ВЛ}S_{Nn})$ – общий показатель состояния СКБ, формируемый на основе аддитивности показателей влияния отдельных видов безопасности и ПСП, где $\lambda_{ВЛ}S_{N(1;2;\dots;n)} = (4 - \lambda_{В03}S_{N(1;2;\dots;n)})$, где $\lambda_{ВЛ}S_{N(1;2;\dots;n)}$ – переменная, представляющая собой показатель влияния персонала отдельных видов безопасности и ПСП на состояние СКБ, а $\lambda_{В03}S_{N(1;2;\dots;n)} \in (0,001 - 1)$, рассматривается в виде рассчитываемого коэффициента негативного воздействия (недоработок, ошибок), допущенных персоналом отдельных видов безопасности и ПСП;

t – рассматриваемый период времени (год).

Для представленных данных имеется возможность определить целевую функцию для планируемого изменения состояния СКБ – (S^*) таким образом, чтобы суммарный ее показатель, рассчитанный с отображением уровня качественного функционирования на ВПО предприятиях, был максимальным:

$$P(S^*) = f(t(U/N)), S(t(Sh \cdot Z/N)) \rightarrow \max_s.$$

Планируемое изменение состояния СКБ – (S^*) потребует внесения изменений в процесс ее управления за счет использования корректирующих воздействий органа управления на управляемые объекты на основе данных о показателе влияния персонала отдельных видов безопасности и ПСП на общее состояние СКБ, когда для каждого из представленных видов деятельности будут получены показатели с максимальными рисковыми значениями – $S_{N(1;2;...;n)min}$. Тогда изменение показателя в направлении качественного функционирования СКБ – ($P_{N(1;2;...;n)}^*$) может быть описано с использованием функционала экспоненциального распределения:

$$P_{N(1;2;...;n)}^* = \varphi_{N(1;2;...;n)} \cdot (S_{N(1;2;...;n)min}) = \\ = P_{N(1;2;...;n)}^* - (P_{N(1;2;...;n)}^* - P_{N(1;2;...;n)}^3) e^{-\lambda_N S},$$

где $P_{N(1;2;...;n)}^3$ – показатель связи при функционировании СКБ, объединяющий три отдельных вида безопасности; $\varphi_{N(1;2;...;n)}$ – показатель в виде коэффициента негативного влияния отдельных видов безопасности и ПСП на общее состояние СКБ, созданной на ВПО предприятия; λ_N – расчетный показатель, представляющий собой результат прироста качественного влияния для совершенствования и развития СКБ.

Для определения зависимости между показателем качественного функционирования СКБ и показателем влияния отдельных видов безопасности и ПСП введем величину $\varepsilon_{N(1;2;...;n)}$ – коэффициент эффективности влияния отдельных видов безопасности и ПСП на общее состояние СКБ.

Тогда:

$$\varepsilon_{N(1;2;...;n)} = \frac{d\varphi_{N(1;2;...;n)}}{dS_{N(1;2;...;n)}} = \lambda_N (P_{N(1;2;...;n)}^* - P_{N(1;2;...;n)}^3) e^{-\lambda_N S}.$$

Приращение показателей влияния отдельных видов безопасности и ПСП для качественного функционирования СКБ будет напрямую зависеть от расчетного показателя, представляющего собой результат прироста качественного влияния для совершенствования и развития СКБ по формуле:

$$\Delta P_{N(1;2;...;n)} \approx \varepsilon_{N(1;2;...;n)} \Delta S_{N(1;2;...;n)}.$$

Дифференциал, представляющий собой результат качественного функционирования отдельных видов безопасности и ПСП, может быть записан в виде:

$$dP_{N(1;2;...;n)}^* = \sum_{N_1}^{N_n} \frac{df}{dP_n} dP_n = \sum_{N_1}^{N_n} \varepsilon_{N(1;2;...;n)} dP_n.$$

Можно сделать вывод, что представленное теоретическое обоснование подтверждает факт в определении уровня (снижения или увеличения) рисков нанесения ущерба от аварий и пожаров по причине негативного или некачественного влияния отдельных видов безопасности и ПСП, входящих в СКБ.

Описание связей при взаимодействии между собой отдельных видов безопасности, входящих в СКБ ВПО предприятий

Процесс функционирования СКБ, как и любой другой организационный процесс, рассматривается в виде отображения последовательности дискретных событий. Здесь автором статьи сосредоточено внимание на изучении закономерностей в нарастании опасных

событий (аварий и пожаров) в виде последовательности их развития и реализации. Нарастание опасных событий (аварий и пожаров) можно представить в виде цепочек с описанием последовательностей для их наступления при изучении факторов влияния двух отдельных видов безопасности (ПрБ и ПБ), деятельность которых регулируется утвержденными требованиями, изложенными в НПА и НД организационного и технического характера. Нарастание ситуаций, которые могут привести к возникновению опасных событий (аварий и пожаров), как правило, происходит внутри одного из отдельных видов безопасности и ПСП, их можно классифицировать в виде событий и ситуаций по мере нарастания:

- на особые события, рассматриваемые как неблагоприятные события, возникшие на предприятии, которые лежат в рамках временных допущений для их устранения. Такие события, как правило, устраняются внутри каждого из отдельных видов безопасности и ПСП;

- на предаварийные события, рассматриваемые как неблагоприятные события для возникновения аварии (отказ, инцидент, взрыв и т.д.);

- на предпожарные события, рассматриваемые как неблагоприятные события для возникновения пожара (возгорание, поджог и т.д.);

- на опасное событие (авария), рассматриваемое как разрушение сооружений и (или) технических устройств, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ⁷, наносящее ущерба (материальный, экономический, ущерб здоровью и жизни персоналу (третьим лицам);

- на опасное событие (пожар), рассматриваемое как неконтролируемое горение⁸ причиняющее ущерба (материальный, экономический, ущерб здоровью и жизни персоналу (третьим лицам);

- на опасное событие (авария и пожар), рассматриваемое как ЧС, то есть обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии⁹, которая повлекла нанесение ущерба (материальный, экономический, ущерб здоровью и жизни персоналу (третьим лицам), или были нарушены условия жизнеобеспечения населения;

- на катастрофическое событие (авария и пожар), рассматриваемое как крупная авария¹⁰, которая повлекла нанесение ущерба (материальный, экономический, ущерб здоровью и жизни персоналу (третьим лицам), окружающей природной среде) в значительных размерах.

Расследования для устранения причин возникновения предаварийных и предпожарных событий, а также опасных событий в виде их отдельных проявлений (авария или пожар), проводятся с использованием НПА и НД, утвержденных в ведомствах (отрасли) (МЧС России, Минтруде, Ростехнадзоре).

В научно-исследовательской деятельности, в которой рассматривается неформализованная природа объектов функционирования, обладающая таким свойством организационного влияния органа управления на управляющие объекты, где основным результатом является качество влияния, как правило, используются вероятностные методы, методы нечетких множеств и отношений, экспертные методы и т.д. Обобщающими переменными оказываются группа причин, следствий в СКБ, функционирующей на предприятии (рис. 6).

⁷ О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федер. закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ (с изм. и доп.). Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

⁸ О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ (с изм. и доп.). Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

⁹ О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 68-ФЗ (с изм. и доп.). Доступ из инф.-правового портала «Гарант».

¹⁰ МЧС России. URL: <https://mchs.gov.ru/ministerstvo/o-ministerstve/terminy-mchs-rossii/term/2979> (дата обращения: 20.05.2024)



Рис. 6. Структура комплекса причинно-следственных связей

Обобщающими переменными в структуре комплекса причинно-следственных связей являются:

- группа причин (условие 1 реализации причинно-следственной связи);
- группа следствий (условие 2 после реализации причинно-следственной связи);
- ядро (СКБ) (формальное описание связи группы причины с группой следствия).

Условие 1 имеет смысл запаса, условие 2 – потерь. Из указанных звеньев (рис. 5) строится иерархическая структура для формирования массивов связей в потоках управления СКБ, так как любое исследование начинается от изучения свойств объекта исследования к процессу его функционирования (рис. 7).

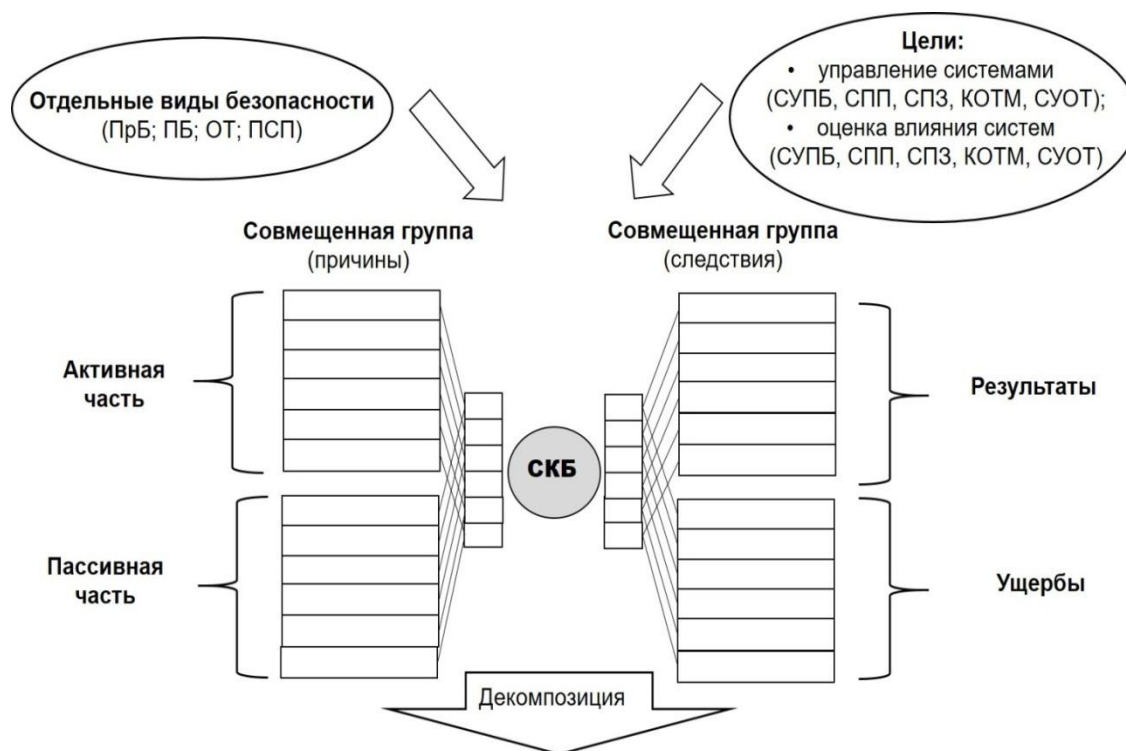


Рис. 7. Общее представление о комплексе причинно-следственных связей в СКБ, созданной на ВПО предприятия

Процесс качественного функционирования СКБ сложен и многообразен, процессное управление направлениями безопасности (ПрБ, ПБ, ОТ) и ПСП, входящими в ее содержание, осуществляется с учетом особенностей исполнения следующих функций (планирования, организации, стимулирования, контроля) [10, 16]. Для определения связей событий в условиях автономного функционирования отдельных видов безопасности и ПСП был использован

функционал бинарных отношений, результирующее значение которого основывалось на формировании массивов показателей значений свойств для существующих систем управления (обеспечения) (СУПБ, СПП, СПЗ, КОТМ, СУОТ) и новой «системы систем» (СКБ).

Общий вид массивов показателей значений свойств, характеризующих события, соответствующие моменту времени t для массива $M_1(t)$ и моменту времени $t + 1$ для массива $M_2(t + 1)$, будет представлять вид:

$$M_1(t) = \begin{pmatrix} n_{11}, & n_{12}, & \dots, & n_{1,k_1} \\ n_{21}, & n_{22}, & \dots, & n_{1,k_1} \\ & & \dots & \\ n_{75,1}, & n_{75,2}, & \dots, & n_{75,k_{75}} \end{pmatrix}$$

$$M_2(t) = \begin{pmatrix} n'_{11}, & n'_{12}, & \dots, & n'_{1,k_1} \\ n_{21}, & n_{22}, & \dots, & n'_{1,k_2} \\ & & \dots & \\ n'_{75,1}, & n'_{75,2}, & \dots, & n'_{75,k_{75}} \end{pmatrix},$$

где n_{ij} и n'_{ij} параметры сравниваемых значений элементов, входящих в массивы. Между элементами представленных массивов $M_1(t)$ и $M_2(t)$ рассматривается дискретная детерминированная функциональная зависимость, то есть параметры для каждого элемента n'_{ij} будут определены функцией f_{ij} для элементов $n'_{ij} = f_{ij}(M_1)$, где для каждого элемента n'_{ij} используются допущения в виде $1 \leq i \leq 75$ и $1 \leq j \leq k_{ij}$. При сравнении параметров значений элементов, входящих в представленные массивы, только некоторые элементы из массива $M_1(t)$ будут преобразованы для определения элементов n'_{ij} массива $M_2(t)$. Это позволит отрегулировать потоки при управлении СКБ менеджерами отдельных видов безопасности (ПрБ, ПБ, ОТ) и ПСП и менеджером по ее общему управлению.

Пример с обоснованием целесообразности создания СКБ на ВПО предприятиях на основе демонстрации существующей модели управления

Результаты анализа управления сложными организационными системами указывают на то, что в настоящее время не создана унифицированная математическая модель по формированию организационных иерархий [17–20]. Для построения базовой модели потребовалось определить иерархию управления для СКБ, которая должна учитывать наилучший вариант при формировании запаса для преодоления опасных событий (аварий и пожаров), содержание и объем которого формируется на основе достаточности выработанных компенсирующих мероприятий, направленных на снижение (исключение) рисков нанесения ущерба. При управлении сложной системой систем (СКБ) требуется сосредоточить внимание на интенсивности влияния $\lambda_{ВЛ}$ потоками управления для менеджеров направлений безопасности (ПрБ, ПБ, ОТ) и ПСП. При управлении СКБ с применением настоящего стандартизированного управления, основанного на использовании менеджерами направлений безопасности (ПрБ, ПБ, ОТ) и ПСП с использованием действующих утвержденных НПА и НД иногда возникает необходимость в корректировке влияния $\lambda_{ВЛ}$ потоками управления, то есть усилить влияние не только со стороны менеджеров управления подсистемами, но акцентировать внимание на осуществление мероприятий по контролю со стороны менеджеров органа управления СКБ. Здесь приходится говорить об интенсивности влияния той части потоков, которые требуют прямого контроля менеджеров органа управления СКБ с учетом анализа сценариев возникновения опасных событий на ВПО предприятиях (рис. 8).

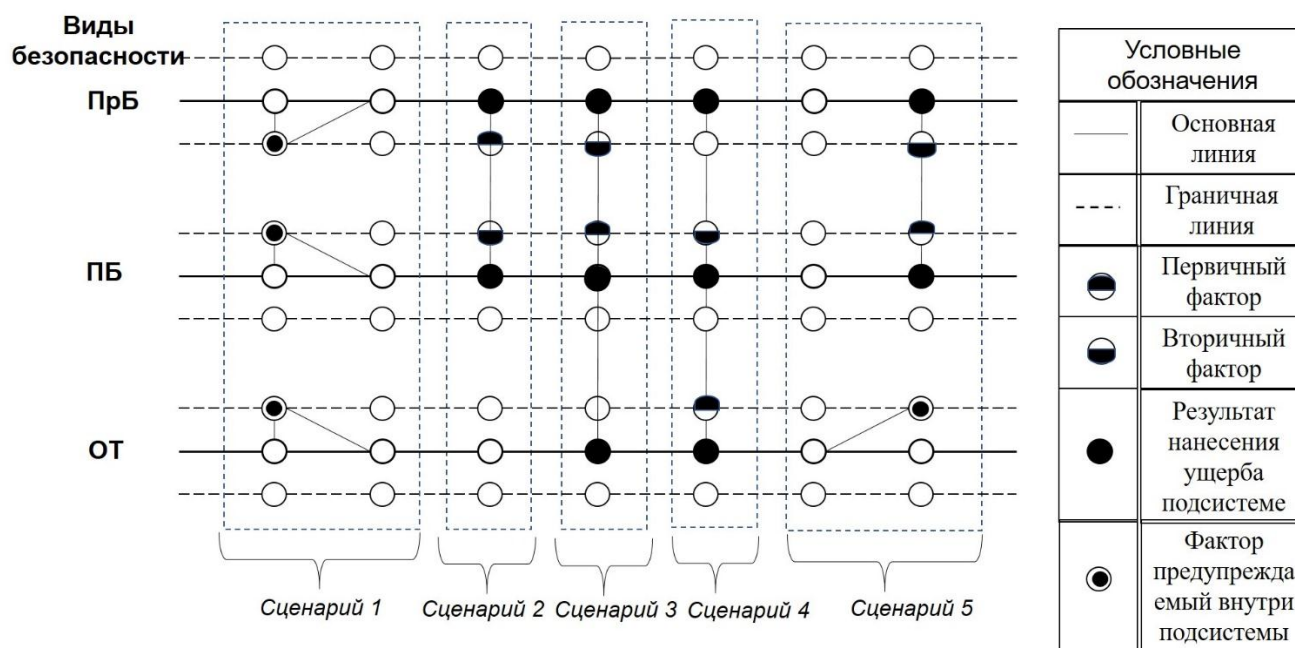


Рис. 8. Результаты анализа сценариев возникновения опасных событий (аварий и пожаров) на ВПО предприятиях

Информация, представленная на рис. 7, наглядно подтверждает снижение качества управления на основе использования стандартизированного управления, то есть наличия потребности в регулировании процесса управления СКБ менеджерами отдельных видов безопасности и ПСП и менеджером по ее общему управлению, когда необходимо отрегулировать процесс с задействованием менеджеров верхнего уровня управления СКБ, созданной на ВПО предприятия для выполнения мероприятий по контролю. Рассмотрим различные варианты сценариев исходов при проведении контроля по исполнению требований НПА и НД в области ПрБ, ПБ, ОТ:

– по сценарию 1 все мероприятия по контролю подсистемами осуществляются симметрично, то есть выявленные отклонения были устранены внутри отдельных видов безопасности и ПСП и не перешли за границу взаимосвязей между ними;

– по сценарию 2 в результате недоработок по контролю отдельным видом безопасности (ПрБ), когда на ВПО предприятия произошла авария (стала первичным фактором), затем пожар (стал вторичным фактором). Произошло совместное опасное событие (авария и пожар), были нанесены ущербы (материальный и экономический) для двух взаимодействующих отдельных видов безопасности;

– по сценарию 3 в результате недоработок по контролю отдельного вида безопасности (ПБ), когда на ВПО предприятия произошел пожар (стал первичным фактором), затем авария (стала вторичным фактором). В результате возникновения совместного опасного события (аварии и пожара) были нанесены ущербы (материальный и экономический, санитарные и безвозвратные потери персоналу предприятия и третьим лицам) для трех взаимодействующих отдельных видов безопасности;

– по сценарию 4 в результате недоработок по контролю направлением безопасности (ОТ) на ВПО предприятия не была оформлена инструкция о мерах безопасности при проведении огневых работ (стало первичным фактором), затем произошел пожар (стал вторичным фактором), затем авария. В результате возникновения опасного события (пожара и аварии) были нанесены ущербы (материальный и экономический, санитарные и безвозвратные потери персоналу предприятия и третьим лицам) для трех взаимодействующих отдельных видов безопасности;

– по сценарию 5 все выявленные отклонения внутри направления безопасности (ОТ) устранены и не перешли за границу взаимосвязей между ними. В результате недоработок по контролю отдельным видом безопасности (ПБ) на предприятии произошел пожар (стал первичным фактором), затем авария (стала вторичным фактором). Произошло совместное опасное событие (пожар и авария), были нанесены ущербы (материальный и экономический) для двух взаимодействующих отдельных видов безопасности (ПрБ и ПБ).

В практике функционирования ВПО предприятий можно представить множество других различных сценариев, которые будут построены для расследования результирующей причины возникновения опасных событий (аварий и пожаров), при расследовании которых учитывается величина нанесения различных ущербов. Здесь имеет место двухуровневое сопоставление результатов деятельности СКБ, а также отдельных видов безопасности и ПСП:

– во-первых, с потребностью для достижения цели функционирующей СКБ по снижению рисков нанесения ущербов от аварий и пожаров на ВПО предприятиях;

– во-вторых, с качественным исполнением требований для отдельных видов безопасности, которые утверждены контрольно-надзорными органами.

Множественная проверка результата соответствует системотехнической концепции [21] валидации и верификации создаваемой системы. Целью процесса валидации является оценка состояния создаваемой на ВПО предприятиях системы систем СКБ, в которой исполняются требования, утвержденные в отдельных видах безопасности. В то время как верификация направлена на получение достоверных доказательств того, что «система систем» СКБ, когда она будет создана, будет отвечать предназначению и потребностям ЛПР.

Заключение

Предложенный в статье подход к управлению безопасностью на ВПО предприятиях позволяет упорядочить цели, критерии, качества, свойства и процессы функционирования СКБ, и строить как общие, так и частные модели ее функционирования. Представлено обоснование о целесообразности создания СКБ, рассматриваемой как «систему с системами» (СКБ), которую предлагается создавать на ВПО предприятиях для снижения рисков нанесения ущербов от аварий и пожаров.

Разработаны основные положения и научно-методический аппарат для причинно-следственных комплексов, позволяющих строить модели взаимодействия отдельных видов безопасности, входящих в содержание СКБ. На примере рассмотрены различные варианты сценариев развития опасных событий (аварий и пожаров), что подтверждает возможность выявить новые свойства в СКБ, полученные в результате взаимодействия процессов при функционировании существующих систем (СУПБ, СПП, СПЗ, КОТМ, СУОТ) и определять причины возникновения критических ситуаций для категории менеджеров, задействованных в управлении СКБ, функционирующей на ВПО предприятиях.

Список источников

1. Анализ рисков и обеспечение защищенности критически важных объектов нефтегазохимического комплекса: учеб. пособие / Н.А. Махутов [и др.]. Тюмень: ТюмГНГУ, 2013. 560 с.
2. Проблемы прочности, техногенной безопасности и конструкционного материаловедения / Н.А. Махутов [и др.]; под ред. Н.А. Махутова. М.: Ленанд, 2018. 720 с. ISBN 978-5-9710-5873-1.
3. Безопасность России. Научные основы техногенной безопасности: Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты / Н.В. Абросимов [и др.]. М.: Знание, 2015. 935 с. ISBN 978-5-87633-131-1.

4. Gvozdev E. Development of an integrated safety sistem for production facilities: the problem statement and the proposed solution // *Reliability: Theory & Applications*. 2024. Vol. 19. № 1 (77). P. 474–487. DOI: 10.24412/1932-2321-2024-177-474-487.
5. Гвоздев Е.В. Разработка модели оценки влияния персонала на состояние системы комплексной безопасности, созданной на производственных предприятиях // *Безопасность труда в промышленности*. 2024. № 2. С. 7–15. DOI: 10.24000/0409-2961-2024-2-7-15.
6. Белов М.В., Новиков Д.А. Методология комплексной деятельности. М.: ЛЕНАНД, 2018. 320 с.
7. Bostrom R., Gupta S., Thomas D.A Meta-theory for understanding information systems within sociotechnical systems // *Journal of Management Information Systems*. 2009. № 26 (1). DOI: 10.2753/MIS0742-1222260102.
8. Rekovets L., Kuzmenko L. Species as a system within a system // *Novitates Theriologicae*. 2021. № 12. DOI: 10.53452/nt1218.
9. Managing Transformation within Service Systems Networks: A System Viability Approach / G. Bithas [et al.] // *Systems Research and Behavioral Science*. 2018. № 35 (4). DOI: 10.1002/sres.2543.
10. Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Введение в теорию управления организационными системами / под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. М.: Либроком, 2009. 264 с.
11. Бочков А.В. Методология обеспечения безопасности функционирования и устойчивости единой системы газоснабжения в чрезвычайных ситуациях: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2019.
12. Глухов А.В. Совершенствование расчетных методов оценки пожаровзрывоопасности нефтегазовых производственных объектов: дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2011.
13. Иванников А.П. Комплексная оценка функционирования беспроводных систем обнаружения пожаров на объектах энергетики: дис. ... канд. техн. наук. М., 2015.
14. Гвоздев Е.В. Методология рационально-целевого развития системы комплексной безопасности на предприятиях нефтегазового комплекса России: дис. ... д-ра техн. наук. М., 2023.
15. Гвоздев Е.В. Постановка и решение задачи по развитию системы комплексной безопасности на взрывопожароопасных производственных объектах предприятий // *Безопасность труда в промышленности*. 2023. № 10. С. 45–53. DOI: 10.24000/0409-2961-2023-10-45-53.
16. Белов М.В., Новиков Д.А. Структура методологии комплексной деятельности // *Онтология проектирования*. 2017. Т. 7. № 4 (26). С. 366–387. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-366-387.
17. Pelantova V., Kolar D. A complex conception of management system of organisations and social responsibility // *MM Science Journal*. 2021. DOI: 10.17973/MMSJ.2021_12_2021028.
18. Chikere C.C., Nwoka J. The Systems Theory of Management in Modern Day Organizations – A Study of Aldgate Congress Resort Limited Port Harcourt // *International Journal of Scientific and Research Publications*. 2015. № 5 (9).
19. Podolchak N., Tsygylk N., Dziurakh Yu. Building an effective personnel risks management system of the organization // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2022. № 4 (13–118). DOI: 10.15587/1729-4061.2022.262547.
20. Математические модели организаций: учеб. пособие / А.А. Воронин [и др.]. 2-е изд. стереотип. М.: ЛЕНАНД, 2019. 360 с.
21. INCOSE Systems Engineering Handbook Version 3.2.2 – A Guide for Life Cycle Processes and Activities / ed. by C. Haskins. San Diego: INCOSE, 2012. 376 p.

References

1. Analiz riskov i obespechenie zashchishchennosti kriticheski vazhnykh ob"ektov neftegazohimicheskogo kompleksa: ucheb. posobie / N.A. Mahutov [i dr.]. Tyumen': TyumGNGU, 2013. 560 s.
2. Problemy prochnosti, tekhnogennoj bezopasnosti i konstrukcionnogo materialovedeniya / N.A. Mahutov [i dr.]; pod red. N.A. Mahutova. M.: Lenand, 2018. 720 s. ISBN 978-5-9710-5873-1.
3. Bezopasnost' Rossii. Nauchnye osnovy tekhnogennoj bezopasnosti: Pravovye, social'no-ekonomicheskie i nauchno-tekhicheskie aspekty / N.V. Abrosimov [i dr.]. M.: Znanie, 2015. 935 s. ISBN 978-5-87633-131-1.
4. Gvozdev E. Development of an integrated safety sistem for production facilities: the problem statement and the proposed solution // Reliability: Theory & Applications. 2024. Vol. 19. № 1 (77). P. 474–487. DOI: 10.24412/1932-2321-2024-177-474-487.
5. Gvozdev E.V. Razrabotka modeli ocenki vliyaniya personala na sostoyanie sistemy kompleksnoj bezopasnosti, sozdannoj na proizvodstvennykh predpriyatiyah // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2024. № 2. S. 7–15. DOI: 10.24000/0409-2961-2024-2-7-15.
6. Belov M.V., Novikov D.A. Metodologiya kompleksnoj deyatel'nosti. M.: LENAND, 2018. 320 s.
7. Bostrom R., Gupta S., Thomas D.A Meta-theory for understanding information systems within sociotechnical systems // Journal of Management Information Systems. 2009. № 26 (1). DOI: 10.2753/MIS0742-1222260102.
8. Rekovets L., Kuzmenko L. Species as a system within a system // Novitates Theriologicae. 2021. № 12. DOI: 10.53452/nt1218.
9. Managing Transformation within Service Systems Networks: A System Viability Approach / G. Bithas [et al.] // Systems Research and Behavioral Science. 2018. № 35 (4). DOI: 10.1002/sres.2543.
10. Burkov V.N., Korgin N.A., Novikov D.A. Vvedenie v teoriyu upravleniya organizacionnymi sistemami / pod red. chl.-korr. RAN D.A. Novikova. M.: Librokom, 2009. 264 s.
11. Bochkov A.V. Metodologiya obespecheniya bezopasnosti funkcionirovaniya i ustojchivosti edinoj sistemy gazosnabzheniya v chrezvychajnykh situatsiyah: dis. ... d-ra tekhn. nauk. M., 2019.
12. Gluhov A.V. Sovershenstvovanie raschetnykh metodov ocenki pozharovzryvoopasnosti neftegazovykh proizvodstvennykh ob"ektov: dis. ... kand. tekhn. nauk. Ufa, 2011.
13. Ivannikov A.P. Kompleksnaya ocenka funkcionirovaniya besprovodnykh sistem obnaruzheniya pozharov na ob"ektah energetiki: dis. ... kand. tekhn. nauk. M., 2015.
14. Gvozdev E.V. Metodologiya racional'no-celevogo razvitiya sistemy kompleksnoj bezopasnosti na predpriyatiyah neftegazovogo kompleksa Rossii: dis. ... d-ra tekhn. nauk. M., 2023.
15. Gvozdev E.V. Postanovka i reshenie zadachi po razvitiyu sistemy kompleksnoj bezopasnosti na vzryvopozharoopasnykh proizvodstvennykh ob"ektah predpriyatij // Bezopasnost' truda v promyshlennosti. 2023. № 10. S. 45–53. DOI: 10.24000/0409-2961-2023-10-45-53.
16. Belov M.V., Novikov D.A. Struktura metodologii kompleksnoj deyatel'nosti // Ontologiya proektirovaniya. 2017. T. 7. № 4 (26). S. 366–387. DOI: 10.18287/2223-9537-2017-7-4-366-387.
17. Pelantova V., Kolar D. A complex conception of management system of organisations and social responsibility // MM Science Journal. 2021. DOI: 10.17973/MMSJ.2021_12_2021028.
18. Chikere C.C., Nwoka J. The Systems Theory of Management in Modern Day Organizations – A Study of Aldgate Congress Resort Limited Port Harcourt // International Journal of Scientific and Research Publications. 2015. № 5 (9).
19. Podolchak N., Tsygyl'k N., Dziurakh Yu. Building an effective personnel risks management system of the organization // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2022. № 4 (13–118). DOI: 10.15587/1729-4061.2022.262547.
20. Matematicheskie modeli organizatsij: ucheb. posobie / A.A. Voronin [i dr.]. 2-e izd. stereotip. M.: LENAND, 2019. 360 s.
21. INCOSE Systems Engineering Handbook Version 3.2.2 – A Guide for Life Cycle Processes and Activities / ed. by C. Haskins. San Diego: INCOSE, 2012. 376 p.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 27.05.2024; одобрена после рецензирования: 30.07.2024;
принята к публикации: 04.08.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 27.05.2024; approved after review: 30.07.2024;
accepted for publication: 04.08.2024

Информация об авторе:

Гвоздев Евгений Владимирович, доцент кафедры общей и прикладной физики Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (129337, Москва, Ярославское шоссе, д. 26), кандидат технических наук, доцент, e-mail: evgvozdev@mail.ru, SPIN-код: 5787-2465

Information about the authors:

Gvozdev Yevgeniy V., associate professor of the department of general and applied physics of the National research moscow state university of civil engineering (129337, Moscow, Yaroslavskoe shosse, 26), candidate of technical sciences, associate professor, e-mail: evgvozdev@mail.ru, SPIN: 5787-2465