

Том 13, 2016, № 5
Vol. 13, 2016, No. 5

ISSN: 1812-5220

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis

Главная тема номера:

Методические аспекты управления рисками

Volume Headline:

Methodical aspects of risk management



Официальное издание Экспертного совета МЧС России и Российского научного общества анализа риска
Official Edition of the Expert Council of EMERCOM of Russia and Russian Scientific Society for Risk Analysis

9 771812 522004

Том 13, 2016, № 5
Vol. 13, 2016, No.5

ISSN: 1812-5220

Научно-практический журнал

Проблемы анализа риска

Scientific and Practical Journal

Issues of Risk Analysis



Общероссийская общественная организация
«Российское научное общество анализа риска»



ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский
институт по проблемам гражданской обороны
и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)



Финансовый издательский дом
«Деловой экспресс»

Редакционный совет:

Воробьев Юрий Леонидович (председатель),

кандидат политических наук, заместитель председателя Совета Федерации
Федерального собрания Российской Федерации, председатель Экспертного совета МЧС России

Акимов Валерий Александрович (заместитель председателя),

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,
начальник ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ),
заместитель председателя Экспертного совета МЧС России

Солодучина Лариса Владимировна,

управляющий Акционерным обществом «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

Фалеев Михаил Иванович,

кандидат политических наук, начальник ФКУ «Центр стратегических исследований
гражданской защиты МЧС России»,
президент Российского научного общества анализа риска

Редакционная коллегия:

Быков Андрей Александрович (Главный редактор),

доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,
вице-президент Российского научного общества анализа риска

Порфирьев Борис Николаевич (заместитель Главного редактора),

член-корреспондент РАН, заместитель директора по научной работе, заведующий лабораторией анализа
и прогнозирования природных и техногенных рисков экономики Института народнохозяйственного прогнозирования РАН

Аверченко Владимир Александрович,

кандидат экономических наук, профессор кафедры «Финансовая стратегия» Московской школы экономики
МГУ им. М.В. Ломоносова, председатель Совета директоров Инвестиционной Группы «Бизнес Центр»

Башкин Владимир Николаевич,

доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник Института физико-химических и биологических проблем
почвоведения РАН

Елохин Андрей Николаевич,

доктор технических наук, член-корреспондент РАЕН, начальник отдела страхования ПАО «ЛУКОЙЛ»

Живетин Владимир Борисович,

доктор физико-математических наук, профессор, ректор Института проблем риска

Кременюк Виктор Александрович,

доктор исторических наук, профессор, заместитель директора Института США и Канады РАН

Махутов Николай Андреевич,

член-корреспондент РАН, Председатель Рабочей группы при Президенте РАН по анализу риска
и проблем безопасности, главный научный сотрудник Института машиноведения им. А. А. Благонравова РАН

Мельников Александр Викторович,

доктор физико-математических наук, профессор, факультет математических
и статистических наук, Университет провинции Альберта, Эдмонтон, Канада

Ревич Борис Александрович,

доктор медицинских наук, руководитель лаборатории прогнозирования качества окружающей среды
и здоровья населения Института народнохозяйственного прогнозирования РАН

Соложенцев Евгений Дмитриевич,

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, заведующий лабораторией интегрированных систем
автоматизированного проектирования Института проблем машиноведения РАН

Сорогин Алексей Анатольевич,

кандидат технических наук, директор по специальным проектам
Акционерного общества «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

Сорокин Дмитрий Евгеньевич,

член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор,
первый заместитель директора Института экономики РАН

Сосунов Игорь Владимирович,

кандидат технических наук, доцент, заместитель начальника ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт
по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)

Табаков Валерий Алексеевич,

кандидат экономических наук, Ph.D и DBA в области делового администрирования, член Совета директоров, председатель
правления Инвестиционной Группы «Бизнес Центр», Президент Группы компаний ИКТ

Колонка редактора

- 4 Системный анализ как метод риск-менеджмента
В. Н. Башкин, член Редакционной коллегии

Риски критически важных объектов

- 6 Оценка рисков нарушения безопасности критически важных объектов и критических инфраструктур
В. Н. Цыгичко, Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, г. Москва

Риск техногенный

- 12 Об эффективной длительности процесса парообразования при кипении жидкости из пролива
Н. М. Кочетов, Институт повышения квалификации руководящих работников химической промышленности, г. Новомосковск
А. Н. Кочетов, Северо-Западное управление Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор), г. Санкт-Петербург

Риск и неопределенность

- 20 О способах расчета метрик аварийного риска при наличии неопределенности
Е. Ю. Колесников, Поволжский государственный технологический университет, г. Йошкар-Ола
В. М. Колодкин, Удмурдский государственный университет, г. Ижевск
- 36 Компенсация факторов неопределенности при обосновании задач радиоэлектронной борьбы в операциях (боевых действиях): методический аспект
А. С. Боев, Д. М. Бывших, Ю. Н. Ярыгин, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж

Дискуссионный клуб

- 44 Преднамеренные электромагнитные деструктивные воздействия — угроза национальной безопасности страны
В. И. Гуревич, Центральная лаборатория Электрической компании Израиля

Риск пожарный

- 52 Пожарные риски России
Ю. И. Соколов, ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России, г. Москва

Риск чрезвычайных ситуаций

- 72 Методический подход решения задачи оптимизации планов мероприятий по снижению риска чрезвычайных ситуаций
С. С. Коришунов, В. М. Егоров, ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России, г. Москва

Риск профессиональный

- 76 Мероприятия, направленные на охрану труда строителей, включающие экспресс-мониторинг условий и безопасности труда, разработку технических средств, улучшающих условия труда
И. В. Алибекова, К. С. Лактионов, ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н. В. Парахина»

Управление рисками

- 82 Вероятностный анализ рисков при горизонтальной интеграции золотодобывающих компаний
И. А. Краденых, ФГБУ науки Институт горного дела Дальневосточного отделения РАН, г. Хабаровск
- 92 Аннотации статей на английском языке
- 94 Инструкция для авторов

Системный анализ как метод риск-менеджмента

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2016

В. Н. Башкин,
член Редакционной коллегии

Системный анализ по определению — это совокупность средств и методов, используемых при исследовании и конструировании сложных и сверхсложных объектов. Прежде всего это касается методов выработки, принятия и обоснования решений при проектировании социальных, экономических и технических систем и управления ими. При этом отдельного рассмотрения требует системный анализ в риск-менеджменте, который основывается на том, что все явления и процессы рассматриваются в их системной связи, учитывается влияние отдельных элементов и решений на систему в целом. Методологический подход к такому виду риск-менеджмента предусматривает последовательную декомпозицию сложных систем до относительно простых, которые могут быть описаны с требуемой мерой неопределенности, а затем производится синтез получаемых результатов. При необходимости могут проводиться и последовательные итерации совокупных процессов декомпозиции и синтеза.

Считается, что совокупность источников опасности необходимо рассматривать как сложную систему, при этом, в свою очередь, каждый из источников может также рассматриваться в качестве системы, но системы, находящейся на более низком иерархическом уровне. Это требует применения указанного выше принципа «декомпозиция — синтез». При этом установлено, что методологии системного анализа совокупности опасных объектов и отдельного объекта имеют много общего. Потому их рассмотрение может быть проведено в едином ключе.

Системный подход к анализу риска требует рассмотрения источника риска — самой производственной системы, ее потенциально опасной продукции и отходов производства, т.е. всего производственного цикла, включая и его природное

и социальное окружение, как единого целого. Соответственно, данный подход предполагает комплексную характеристику риска как в условиях штатного режима работы предприятий, так и при его нарушениях различной природы. Известно, что даже тогда, когда промышленные объекты функционируют без нарушения технологического регламента, из-за несовершенства управления производством, в том числе вследствие недостаточной квалификации кадров, а также производственного и очистного оборота использование в технологических процессах потенциально опасных компонентов приводит к серьезному загрязнению окружающей среды с риском для здоровья людей, а также к повреждениям материальных и культурных ценностей.

С другой стороны, системный подход подразумевает анализ и того риска, который сопряжен с аварийными ситуациями, вызванными выходом инженерной системы из строя либо грубым нарушением регламента эксплуатации такой системы (залповые выбросы), что может стать предпосылкой чрезвычайных ситуаций взрывного типа. Следовательно, важно рассматривать риск (вероятность) как самой аварии, так и ее последствий и последствий штатной эксплуатации потенциально опасных объектов.

Анализ риска представляет собой относительно самостоятельную область исследований, где в самом общем случае можно выделить 3 основных направления анализа риска, связанных с предметом системного анализа, т.е. с возможностью использования принципа «декомпозиция — синтез»: а) безопасность (надежность) технологических систем, включая аварийные ситуации; б) воздействие токсичного загрязнения на здоровье человека и окружающую среду, в том числе медико-экологические последствия аварий и катастроф; в) восприятие риска в обществе.

Применение методологии системного анализа для оценки рисков может быть показано на примере такой сложной системы, как газовая отрасль. Так, в настоящее время перед газовой отраслью Российской Федерации возникают новые задачи, связанные с освоением новых центров добычи газа, расположенных в труднодоступных районах шельфов арктических морей, п-ва Ямал, Восточной Сибири, о-ва Сахалин. В связи с этим на первый план выходит необходимость синхронного наращивания мощностей в добыче, переработке и транспорте газа.

В соответствии с положениями системного анализа (см. работы д.т.н., проф. А. С. Казака) газовую отрасль можно представить как сложный граф, дугами которого являются существующие или планируемые к новому строительству участки газотранспортной системы. Под узлами такой системы подразумеваются: 1) перспективные газоносные регионы; 2) существующие газодобывающие регионы; 3) поставщики газа из стран-импортеров; 4) экспортные потребители газа; 5) внутренние потребители природного газа до газораспределительных станций; 6) объекты переработки природного газа и 7) системы хранения газа.

Выделение из общей системы газовой промышленности перечисленных объектов как отдельных подсистем позволяет структурировать исследования по разработке перспектив функционирования и развития газовой промышленности на более низких уровнях. При этом каждый из образующихся при декомпозиции газовой отрасли блок представляет собой сложную подсистему, что потребует дальнейшей ее декомпозиции до уровня, позволяющего описывать элемент с помощью соответствующих математических моделей.

Такой подход сопровождается возникновением различного вида неопределенности и связан с необходимостью анализа рисков в газовой отрасли. При этом при анализе рисков в настоящее время большое внимание уделяется анализу геоэкологических рисков и их управлению. Исследования такого рода возможны лишь на основе применения методологии системного анализа сложных объектов.

Поскольку газовая промышленность представляет собой сложную техническую систему, расположенную в различных природных регионах, степень влияния указанных выше подотраслей на окружающую среду различна, так же как различно и обратное влияние среды на объекты газовой промышленности. В условиях громадного и разнообразного сочетания такого взаимообусловленного влияния формируются многообразные геоэкологические риски. Следовательно, необходимо на основе методов системного анализа проводить декомпозицию столь сложной системы на отдельные элементы (объекты) до уровня, позволяющего проводить моделирование и оценку на этих объектах геоэкологических рисков. Важно рассмотрение методологии такой декомпозиции и последующего синтеза системы для анализа геоэкологических рисков в газовой отрасли. Для достижения поставленной цели необходимо решать задачу, связанную с комплексным рассмотрением всех направлений деятельности газовой промышленности и оценкой их взаимообусловленности с окружающей средой.

Необходимо рассматривать критерии, особенности декомпозиции и последующего синтеза элементов, классификацию влияния на окружающую среду отдельных объектов, а также анализировать подходы к определению суммарного воздействия газовой промышленности на состояние окружающей среды и здоровье человека. При этом возникает необходимость рассмотрения и обратной задачи влияния геоэкологических факторов на процессы добычи, транспорта, хранения, переработки и потребления газа в различных природных регионах.

Таким образом, применение метода системного анализа для управления рисками является одним из наиболее значимых и ему должно быть уделено достойное внимание. Перечисленные выше подходы с применением принципа «декомпозиция — синтез» позволят, с одной стороны, определить причинно-следственную цепь событий в предотвращении технологических катастроф; с другой — рассматривать эволюцию подходов к управлению риском не только в промышленных, но и социальных и природных средах.

УДК 656 05 004

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2016

Оценка рисков нарушения безопасности критически важных объектов и критических инфраструктур¹

В. Н. Цыгичко,

Федеральный
исследовательский центр
«Информатика и управление»
РАН, г. Москва

Аннотация

В статье представлен метод расчета рисков нарушения безопасности критически важных объектов и критических инфраструктур при существующей системе защиты.

Ключевые слова: безопасность, риск, допустимый риск, уязвимость, угрозы, профиль защиты, эффективность средств защиты, композиция средств защиты.

Содержание

Введение

1. Представление КВО как объекта защиты
2. Процедура оценки рисков нарушения безопасности КВО
3. Оценка рисков нарушения безопасности критических инфраструктур
4. Расчет допустимого риска нарушения безопасности КВО

Заключение

Литература

Введение

Важной задачей в процедуре управления рисками нарушения безопасности критически важных объектов (КВО) является определение эффективности существующей системы обеспечения их безопасности (СОБ КВО). На практике эффективность СОБ определяется путем оценки уязвимости КВО, которая представляет собой регламентированную в каждой критической инфраструктуре (КИ) экспертную процедуру проверки уровня защищенности всех критических точек объекта (уязвимостей) от всех потенциальных угроз. Задачи этой проверки состоят в определении риска нарушения безопасности КВО при существующей СОБ и сравнении полученных результатов со значениями допустимого риска, нормативно закрепленными в каждой КИ. Если значения риска нарушения безопасности КВО больше нормативного, то выявляются недостатки системы обеспечения безопасности и даются рекомендации по их устранению.

Наиболее сложной задачей в процедуре оценки уязвимости КВО является объективная и корректная интегральная оценка уровня защищенности объекта, в качестве которой выступает риск нарушения безопасности хотя бы одной уязвимости КВО при существующей защите.

¹ Статья подготовлена при поддержке гранта РФФИ № 15-07 01796.

1. Представление КВО как объекта защиты

Для детального анализа процесса функционирования СОБ КВО необходима оценка рисков нарушения безопасности всех критических элементов его функциональной структуры, а в ряде случаев и структурных составляющих этих элементов. Например, такой элемент аэропорта, как центральное здание, имеет в своем составе множество различных служб и специального оборудования, нарушение работы каждого из которых ведет к возникновению чрезвычайных ситуаций. Однако для простоты дальнейшего изложения внутреннюю структуру элементов КВО мы не рассматриваем.

С учетом этого обстоятельства представим КВО как объект защиты множеством уязвимостей $Y_z = \{y_{iz}\}$:

$$Y_z = \begin{pmatrix} y_{11} \\ \cdot \\ y_{iz} \\ \cdot \\ \cdot \\ y_{Iz} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где $i = 1 - I$ — номер уязвимости;

I — число уязвимостей;

$z = 1 - Z$ — номер элемента КВО;

Z — число элементов.

Множество угроз $Q = \{q_{jk}\}$ уязвимостям Y_z представим матрицей-столбцом Q :

$$Q = \begin{pmatrix} q_{11} \\ \cdot \\ \cdot q_{1K} \\ \cdot \\ \cdot \\ q_{jk} \\ \cdot \\ q_{jK} \\ \cdot \\ q_{JK} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где $j = 1 - J$ — номер потенциальной угрозы;

J — число потенциальных угроз;

jk — номер способа реализации j -й угрозы;

jK — количество способов реализации j -й угрозы.

Если для каждой уязвимости y_{iz} известен перечень угроз ее безопасности и способов их реализации q_{jk} , то профиль защиты КВО можно представить матрицей бинарных отношений $M = \{y_{iz}, q_{jk}\}$:

$$M = \begin{pmatrix} & q_{11} & \cdot & q_{1K} & \cdot & q_{jk} & \cdot & q_{jK} & \cdot & q_{JK} \\ y_{11} & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ \cdot & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ y_{iz} & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ \cdot & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ y_{Iz} & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Эффективность P_{ljk} средств защиты $N = \{n_l\}$ против каждого способа реализации каждой угрозы q_{jk} представим матрицей $P = \{P_{ljk}\}$:

$$P = \begin{pmatrix} & n_1 & \cdot & \cdot & n_l & \cdot & \cdot & n_L \\ q_{11} & P_{111} & - & - & P_{1l} & - & - & P_{1L} \\ \cdot & P_{11k} & P_{21k} & - & - & - & - & - \\ q_{1K} & P_{11K} & - & - & P_{1lK} & - & - & - \\ \cdot & P_{12k} & - & - & - & - & - & P_{L2k} \\ q_{jk} & P_{1jk} & P_{2jk} & - & - & - & - & P_{Ljk} \\ \cdot & P_{1jk} & P_{2jk} & - & P_{ljk} & - & - & - \\ q_{JK} & P_{1JK} & - & - & - & - & - & P_{LJK} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где $l = 1 - L$ — номер средства защиты;

L — количество средств защиты;

P_{ljk} — эффективность средства защиты — вероятность нейтрализации j -го способа k -й угрозы.

Состав и распределение средств защиты СОБ $N_{iz} = \{n_{liz}\}$ между уязвимостями КВО представим матрицей $S = \{y_{iz}, n_l\}$:

$$S = \begin{pmatrix} & n_1 & \cdot & n_l & \cdot & n_L \\ y_{11} & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ \cdot & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ y_{iz} & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ \cdot & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ y_{Iz} & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \end{pmatrix}. \quad (5)$$

В матрице S каждой уязвимости y_{iz} представлена композиция $N_{iz} = \{n_{liz}\} \subset N \forall y_i \in Y$ средств защиты от всех угроз и способов их реализации q_{jk} .

Вся информация, представленная множествами Y_z , Q , M , P и S , должна быть получена при инспек-

торской проверке КВО. Если множества Y_z , Q , M , P и S известны, то задача оценки уязвимости сводится к вычислению рисков нарушения безопасности КВО (R) и его элементов (R_z) на декартовом произведении D множеств M , P и S :

$$D = M \times P \times S = \{(y_{iz}, q_{ijk}, p_{ijk}, n_i) / y_{iz} \in M, y_{iz} \in S, q_{ijk} \in M, p_{ijk} \in P, n_i \in S\}. \quad (6)$$

2. Процедура оценки рисков нарушения безопасности КВО

Процедура оценки рисков нарушения безопасности КВО и его элементов состоит из ряда последовательных этапов.

На первом этапе для каждой уязвимости $y_{iz} \in Y$ вычисляется эффективность $P_{N_{iz}}^{ijk}$ композиции средств защиты $N_{iz} = \{n_{iz}\} \subset N$ против каждого способа реализации каждой угрозы $q_{ijk} \in M$.

Расчеты проводятся по формуле вероятности сложного события:

$$P_{N_{iz}}^{ijk} = 1 - \prod_{l=1}^l (1 - P_{ijk}), \forall n_l \in N_{iz}. \quad (7)$$

Формула (7) и ее инварианты являются операторами последовательного преобразования исходного массива информации D на всех этапах процедуры расчета рисков нарушения безопасности КВО и его структурных составляющих.

Риск нарушения безопасности уязвимости $y_{iz} \in Y$ от реализации каждого способа каждой угрозы $q_{ijk} \in M$ определится выражением

$$R_{N_{iz}}^{ijk} = 1 - P_{N_{iz}}^{ijk}. \quad (8)$$

Результаты расчетов представим матрицей-столбцом $A = \{R_{N_{iz}}^{ijk}\}$:

$$A = \begin{pmatrix} R_1^{11} \\ \cdot \\ R_{N_{iz}}^{ijk} \\ \cdot \\ R_{N_{iz}}^{IJK} \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Далее для каждой уязвимости $y_{iz} \in Y$ определяется риск нарушения безопасности R_{iz} от всех угроз и способов их реализации, представленных в профиле защиты:

$$R_{iz} = 1 - \prod_{n=1}^N (1 - R_{N_{iz}}^{jk}), \forall R_{N_{iz}}^{ijk} \in M. \quad (10)$$

С помощью выражения (8) матрица A преобразуется в матрицу $B = \{R_{iz}\}$:

$$B = \begin{pmatrix} R_{11} \\ \cdot \\ R_{iz} \\ \cdot \\ R_{IZ} \end{pmatrix}. \quad (11)$$

На третьем этапе определяются риски нарушения безопасности R_z элементов КВО от всех угроз и способов их реализации:

$$R_z = 1 - \prod_{i=1}^{IZ} (1 - R_{iz}). \quad (12)$$

Результаты расчетов формируют матрицу рисков нарушения безопасности элементов КВО $C = \{R_z\}$:

$$C = \begin{pmatrix} R_1 \\ \cdot \\ R_z \\ \cdot \\ R_Z \end{pmatrix}. \quad (13)$$

На четвертом, заключительном, этапе определяется риск R хотя бы одного нарушения безопасности КВО при существующих профиле защиты M и композиции средств защиты S :

$$R = 1 - \prod_{z=1}^Z (1 - R_z), \forall R_z \in C. \quad (14)$$

Матрицы A , B , C и численное значение R составляют объективную информацию о защищенности КВО и всех его структурных составляющих при существующей композиции средств защиты S и заданном профиле защиты M .

При проведении инспекции СОБ КВО эксперты часто обнаруживают неизвестные ранее уязвимости, новые угрозы или новые способы реализации известных угроз, которые не представлены в действующем профиле защиты. Эта информация служит для дополнения и корректировки профиля защиты M и матрицы эффективности средств защиты P . Метод оценки уязвимости КВО позволяет оценить влияние неполного соответствия существующей композиции средств защиты S дополненному профилю защиты M и сформулировать требования по корректировке существующей композиции средств защиты.

3. Оценка рисков нарушения безопасности критических инфраструктур

Представленный выше метод оценки уязвимости КВО может быть распространен и на оценку безопасности критических инфраструктур. Рассмотрим применение этого метода на примере расчета рисков нарушения безопасности некоторой гипотетической КИ, например отраслевого министерства. СОБ такой КИ будет иметь три уровня управления — объектовый, региональный и отраслевой. На каждом уровне этой иерархической структуры риск нарушения безопасности хотя бы одного КВО является единым интегральным показателем эффективности звеньев СОБ этого уровня. Для простоты и наглядности расчетов примем, что каждый региональный уровень имеет в своем составе 5 КВО и отрасль имеет КВО в 2 регионах.

Пусть для всех КВО нашего гипотетического КИ проведена оценка уязвимости. Результаты этих расчетов представлены матрицами рисков нарушения безопасности КВО регионов $C_{\text{пер}}^1$ и $C_{\text{пер}}^2$. Для простоты расчетов примем, что в каждом регионе выполнен принцип равной защищенности КВО, т.е. риски нарушения безопасности КВО в каждом регионе одинаковы и составляют для первого региона $R_g^1 = 0.1 \forall g \in C_{\text{пер}}^1$, а для второго $R_g^2 = 0.05 \forall g \in C_{\text{пер}}^2$, где $g = 1 - G$ — номер КВО; G — число КВО в регионе.

$$C_{\text{пер}}^1 = \begin{vmatrix} R_1^1 = 0.1 \\ R_2^1 = 0.1 \\ R_3^1 = 0.1 \\ R_4^1 = 0.1 \\ R_5^1 = 0.1 \end{vmatrix} \quad C_{\text{пер}}^2 = \begin{vmatrix} R_1^2 = 0.05 \\ R_2^2 = 0.05 \\ R_3^2 = 0.05 \\ R_4^2 = 0.05 \\ R_5^2 = 0.05 \end{vmatrix}. \quad (15)$$

Риск нарушения региональной безопасности КИ, т.е. вероятность возникновения ЧС хотя бы на одном КВО региона R^v , рассчитывается с помощью регионального инварианта формулы (3.31):

$$R^v = 1 - \prod_1^G (1 - R_g^v) \forall R_g^v \in C_{\text{пер}}^v. \quad (16)$$

В нашем примере $V = 2$ и $G = 5$, и с учетом равенства рисков нарушения безопасности КВО региона (3.32) выражение (3.33) запишется:

$$\begin{aligned} \text{для первого региона } R^1 &= 1 - (1 - 0.1)^5 = 0.4095; \\ \text{для второго региона } R^2 &= 1 - (1 - 0.05)^5 = 0.2262. \end{aligned}$$

Риск нарушения безопасности КИ, т.е. вероятность возникновения ЧС хотя бы на одном КВО КИ, определяется выражением

$$R_{\text{КИ}} = 1 - \prod_1^V (1 - R^v) \forall v \in \{v\}. \quad (17)$$

И в нашем примере

$$R_{\text{КИ}} = 1 - (1 - 0.4095) \times (1 - 0.2262) = 0.5406.$$

В результате проведенных расчетов уязвимости КВО КИ, рисков нарушения безопасности регионов КИ и КИ в целом формируется массив объективной информации о состоянии защищенности всех элементов иерархической структуры отрасли при существующей СОБ. Анализ этой информации позволяет выявлять недостатки СОБ и определять пути ее совершенствования.

Наши расчеты на примере гипотетической КИ показывают, что риски нарушения безопасности регионов КИ и КИ в целом слишком велики при заданных значениях рисков нарушения безопасности КВО. Здесь мы обращаемся к проблеме определения допустимого риска для всех уровней управления безопасностью КИ.

4. Расчет допустимого риска нарушения безопасности КВО

На практике чаще всего значения допустимого риска нарушения безопасности КИ в целом задаются экспертами с учетом последствий возможных ЧС на КВО КИ, возможностей средств и методов обеспечения безопасности КВО и ограничений, связанных с его производственной деятельностью [1].

Если значение допустимого риска нарушения безопасности КИ $R_{\text{КИ}}^{\text{доп}}$ задано, то в соответствии с (17) значение допустимого риска нарушения региональной безопасности $R_{\text{пер}}^{\text{доп}}$ определится выражением

$$R_{\text{пер}}^{\text{доп}} = 1 - \sqrt[V]{1 - R_{\text{КИ}}^{\text{доп}}}. \quad (18)$$

Величина допустимого риска КВО согласно (17) запишется

$$R_{\text{КВО}}^{\text{доп}} = 1 - \sqrt[G]{1 - R_{\text{пер}}^{\text{доп}}}. \quad (19)$$

Пусть для нашего гипотетического КИ задан допустимый риск нарушения ее безопасности $R_{КИ}^{доп} = 0.1$, тогда согласно формулам (18) и (19) допустимые риски нарушения региональной безопасности КИ и безопасности КВО КИ примут значения $R_{рег}^{доп} = 0.0513$ и $R_{КВО}^{доп} = 0.0105$.

Если задано $R_{КИ}^{доп} = 0.1$, то в рамках нашего примера $R_{рег}^{доп} = 0.005$ и $R_{КВО}^{доп} = 0.001$.

Значение $R_{КВО}^{доп} = 0.001$, полученное в нашем гипотетическом примере, близко к допустимым значениям риска нарушения безопасности КВО, закрепленных в ГОСТ для различных критических инфраструктур. Например, в СНиП 33-01-2003 «Гидротехнические сооружения» допустимые риски нарушения безопасности гидротехнических объектов варьируются в пределах от $3 \cdot 10^{-3}$ до $5 \cdot 10^{-5}$ в год в зависимости от класса сооружения.

Заключение

В заключение отметим, что предложенный математический аппарат позволяет организовать итеративную процедуру выбора минимального значения допустимого риска нарушения безопасности КИ в соответствии с возможностями средств и методов обеспечения безопасности КВО. Представленный инструментарий может быть использован и при решении задач синтеза состава (композиции) средств защиты СОБ КВО [2].

Литература

1. Цыгичко В.Н., Черешкин Д.С. Безопасность критически важных объектов транспортного комплекса. Lambert Academic Publishing, 2014. 217 с.
2. Цыгичко В.Н. Управление рисками нарушения безопасности КВО при неполной информации // Проблемы анализа риска. 2015. Т. 12. № 4. С. 18—28.

Сведения об авторе

Цыгичко Виталий Николаевич: доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН, Институт системного анализа

Число публикаций: 8 монографий и более 200 статей

Область научных интересов: методологические и методические проблемы математического моделирования социально-экономических процессов, теория принятия решений, прикладной системный анализ, теория и методы социально-экономического прогнозирования, проблемы обеспечения национальной безопасности и стратегической стабильности, проблемы информационной безопасности

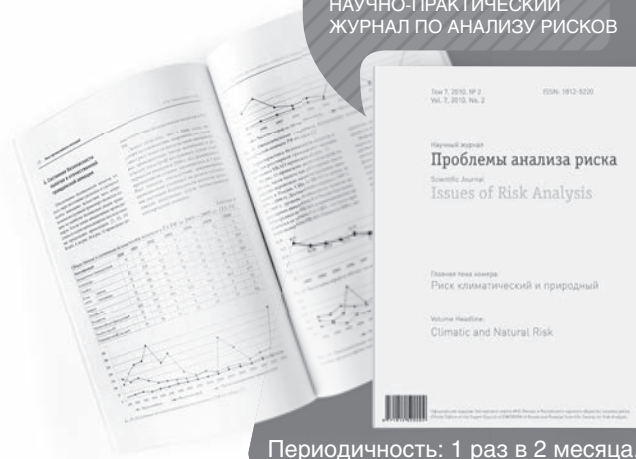
Контактная информация:

Адрес: 117312, г. Москва, просп. 60-летия Октября, д. 9

Тел.: +7(499) 135-50-43

E-mail: vtsygichko@inbox.ru

ВЕДУЩИЙ РОССИЙСКИЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ ПО АНАЛИЗУ РИСКОВ



Периодичность: 1 раз в 2 месяца.

ПРОБЛЕМЫ АНАЛИЗА РИСКА

В издании публикуются междисциплинарные научные и прикладные материалы, посвященные анализу рисков различного происхождения и характера: природного, техногенного, экологического, политического, страхового, финансового и др. Журнал внесен в перечень изданий, рекомендованных ВАК для опубликования результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

Специалистам-практикам, чья деятельность связана с анализом рисков; специалистам научных организаций; учащимся и преподавателям учебных заведений.

ВНИМАНИЕ, ПОДПИСКА!

ПОДПИСНОЙ КУПОН на 2017 год

Проблемы анализа риска

Индексы: «Роспечать» — 71219, каталог «Пресса России» — 15704.

☐ печатная версия

☐ электронная версия

Количество экземпляров:

Период подписки:

☐ полугодие

☐ год

Вид доставки:

☐ курьером (только по Москве)

☐ почтой (заказным письмом)

Стоимость подписки

печатная версия: 4 500 руб. — за I полугодие;

4 500 руб. — за II полугодие;

9 000 руб. — за год;

электронная версия: 3 600 руб. — за I полугодие;

3 600 руб. — за II полугодие;

7 200 руб. — за год.

Наименование организации

Юридический адрес

Адрес доставки

ИНН/КПП

Телефон (с кодом города)

Факс

ФИО (полностью) сотрудника,
ответственного за подписку

Пожалуйста, заполните все поля подписного купона и пришлите его по факсу (495) 787-52-26.

Также вы можете оформить подписку по телефону: (495) 787-52-26; на сайте: www.dex.ru; по e-mail: journal@dex.ru.

Издательский дом «Деловой экспресс» — многопрофильная издательская компания, работающая на рынке полиграфических услуг с 1993 года.

Что мы делаем

- Создаем корпоративные и ведомственные издания.
- Издаем книги.
- Разрабатываем web-сайты.
- Изготавливаем традиционные бизнес-подарки в необычном исполнении.
- Издаем годовые отчеты и бизнес-полиграфию.
- Придумываем и разрабатываем логотипы и фирменные стили.

«Деловой экспресс» стремится стать лучшим поставщиком полиграфических решений для самых взыскательных клиентов.

Издательский дом

**ДЕЛОВОЙ
ЭКСПРЕСС**

www.dex.ru

УДК 621.642.8

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2016

Об эффективной длительности процесса парообразования при кипении жидкости из пролива

Н. М. Кочетов,Институт повышения
квалификации руководящих
работников химической
промышленности,
г. Новомосковск**А. Н. Кочетов,**Северо-Западное
управление Федеральной
службы по экологическому,
технологическому и атомному
надзору (Ростехнадзор),
г. Санкт-Петербург

Аннотация

В статье проанализированы действующие нормы и правила на возможность их использования при расчете эффективной длительности кипения жидкости из пролива. Рассмотрены условия протекания процессов кипения и испарения, что позволило оценить эффективную длительность процесса кипения.

Ключевые слова: испарение, кипение, материальные и тепловые потоки.

Содержание

Введение

1. Анализ отечественных норм и правил
2. Физические основы процессов кипения и испарения
3. Эффективная длительность кипения жидкости из пролива

Заключение

Литература

Введение

Энергонасыщенность современных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятий достигает сотен тысяч взрывоопасных сжиженных газов, эквивалентных по энергосодержанию до пяти мегатонн тротила. При этом аварии могут иметь угрожающий характер воздействия на окружающую среду и хозяйственную деятельность человека.

При выбросе сжиженных газов в атмосферу часть их в зависимости от условий хранения мгновенно вскипает: жидкость переходит в новое состояние термодинамического равновесия, принимает температуру кипения при атмосферном давлении окружающей среды [1]. Долю мгновенно вскипевшей жидкости при адиабатическом расширении можно определить из уравнения теплового баланса перехода части жидкости в пар:

$$\varphi_{\text{мг}} = \frac{C_{\text{ж}} \cdot (T_0 - T_{\text{к}})}{r_{\text{ж}} - C_{\text{ж}} \cdot T_{\text{к}}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{ж}}$ — теплоемкость жидкости; $r_{\text{ж}}$ — удельная теплота парообразования при температуре кипения; T_0 и $T_{\text{к}}$ — соответственно температуры состояния жидкости.

Утечки значительных количеств опасного вещества (ОВ) образуют пролив. Жидкость продолжает кипеть за счет тепла верхнего слоя подстилающей поверхности (грунта) и тепла окружающего воздуха.

Следует отметить, что скорость кипения очень сильно зависит от природы грунта. По расчетам [2, 12] для бута эта скорость в 25 раз больше, чем для песка и в 11 раз больше, чем для средней почвы.

В результате охлаждения грунта его температура снижается, и верхний слой начинает выполнять роль теплоизолирующего подслоя, препятствуя подводу тепла от глубинных слоев грунта. Со временем кипение прекращается, и наступает процесс испарения жидкости из пролива. Определяющими становятся тепло атмосферного воздуха и скорость воздушного потока над зеркалом жидкости.

Парообразование при испарении из пролива достаточно подробно освещено в Федеральных нормах и правилах [3—6], работоспособность которых проанализирована в работах [7—9]. Согласно данным [10—16], процесс парообразования при испарении сжиженных газов из пролива протекает с понижением температуры жидкости, и, соответственно, сама скорость парообразования при этом уменьшается. К сожалению, все отечественные методики этого факта не учитывают.

Эффективной длительности процесса парообразования при кипении жидкости касаются в работах [1, 3—6, 11, 16—18]. Оказалось, что она имеет разброс от нуля до 1200 с, что указывает на необходимость более подробного анализа этих источников.

1. Анализ отечественных норм и правил

В правилах и нормах в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывоопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» до вступления в силу [3] указывалось только, что $\tau_{\text{и}}$ — это время контакта жидкости с поверхностью разлива, принимаемое в расчет.

В методиках НПБ 105-95, затем в [4, 5, 17] рекомендовано время испарения принимать равным времени полного испарения, но не более 1 часа без учета времени кипения и времени испарения жидкости за счет теплоотдачи твердой поверхности (грунта) и воздушного потока.

И только в Федеральных нормах и правилах от 2013 г. [3] последовали рекомендации по оценке эффективной длительности процесса кипения жидкости из пролива. Но и здесь снова не учитыва-

ются последовательность и различие в длительности процессов кипения и испарения при определении массы паров, поступивших в атмосферу.

В материалах [4, 5] также отсутствуют рекомендации по оценке длительности процессов парообразования при кипении и испарении. Интенсивность испарения сжиженных углеводородных газов (СУГ) со свободной поверхности пролива здесь рекомендуется определять, используя зависимость:

$$W = \frac{\lambda_{\text{г}} \cdot C_{\text{г}} \cdot \rho_{\text{г}} \cdot (T_{\text{г}} - T_{\text{к}})}{r_{\text{ж}} \cdot (\pi \cdot \tau_{\text{и}})^{0,5}} + \frac{0,035 u^{0,8} \cdot \lambda_{\text{а}} \cdot (T_{\text{г}} - T_{\text{к}})}{v_{\text{а}}^{0,8} \cdot d^{0,2} \cdot r_{\text{ж}}} \quad (2)$$

Здесь первое слагаемое определяет скорость парообразования ($W_{\text{г}}$) при кипении жидкости за счет тепла грунта, определенное при $\tau \leq 10$ с; второе слагаемое определяет стационарную скорость парообразования при испарении ($W_{\text{и}}$) за счет тепла воздушного потока. При этом зависимость представляет их сумму, а удельная массовая скорость поступления СУГ в атмосферу (M) за время полного испарения СУГ (но не более 3600 с) составляет $M = (W_{\text{г}} + W_{\text{и}}) \cdot \tau$.

Суммирование скоростей парообразования при определении удельной массовой скорости испарения СУГ будет давать явно завышенный результат, так как эти процессы имеют разное время эффективного действия. Естественно, масса испарившегося вещества определяется по формуле $M = W_{\text{г}} \cdot \tau_{\text{к}} + W_{\text{и}} \cdot \tau_{\text{и}}$, но для этого нужно знать длительность процесса кипения ($\tau_{\text{к}}$) за счет тепла грунта. К сожалению, авторы этого не учитывают.

Когда процесс протекает в неподвижной среде при $u = 0$, вторая составляющая уравнения, характеризующая процесс испарения, оказывается равной нулю, что противоречит физической сущности процесса испарения согласно [1, 3—6, 16].

Автор [1] рекомендует принимать $\tau_{\text{к}} = 180$ с, так как в течение этого времени теплоприток от твердой поверхности резко снижается и при равенстве температур твердой поверхности (грунта) и жидкости наступает процесс испарения.

Данный вопрос рассматривается и в методике рассеивания выброса опасных веществ [6], где также предложена зависимость оценки длительности кипения за счет тепла грунта, согласно которой (пример 3, приложение 9) длительность кипения менее 13 с при проливе жидкого аммиака на бетон-

ную поверхность, что составляет около 0,6% от общей массы парогазовой смеси, поступившей в атмосферу. При столь малой доле этой массы встает вопрос о целесообразности проведения такого расчета.

Согласно математической модели, предложенной авторами [11], «после образования пролива 1 т жидкого хлора на бетонную поверхность при скорости ветра 1 м/с тепло притока от подстилающей поверхности снижается, становится сопоставимым с теплоотводом при испарении, а по истечении примерно 1200 с и меньше его. Наступает режим испарения, при котором температура жидкости становится ниже температуры кипения».

Такой вывод авторов имеет право на жизнь только с математической точки зрения, а не с физической сущности протекающих процессов кипения и испарения жидкости. Действительно, когда доля подвода тепла от подстилающей поверхности становится значительно меньше необходимых затрат на парообразование при испарении, то этой долей можно пренебречь. К сожалению, авторы [11] не конкретизируют величину этой доли.

Свод правил [17] при определении категории помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности вообще не учитывает эту стадию поступления опасного вещества в атмосферу.

В работе [18] также представлен результат анализа оценки длительности кипения сжиженных газов, предложенной в [3]. Относительно оценки эффективной длительности испарения из пролива, указанной в заголовке статьи, следует, что она не требует ни анализа, ни оценки, так как эта длительность согласно нормативам и правилам [4, 5, 17] регламентирована равной времени полного испарения, но не более 3600 с. Проведенный математический анализ не выявил зависимости физических процессов рассеивания опасного вещества и парообразования при кипении и испарении жидкости из пролива.

Утверждение авторов, что «время стационарного испарения до вступления в силу [3] определяли, как правило, временем локализации и ликвидации пролива, но не более 1 часа [2, 4, 5]», голословно. К сожалению, в [2] (ПБ 09-540-03), утвержденных в 2003 г., таких рекомендаций нет. Что касается [4, 5] — это

статьи, которые должны иметь одобрение Научно-технического совета Ростехнадзора на применение в качестве рекомендательного материала; при этом [5] опубликована в 2015 г., т.е. не могла быть использована до вступления в силу [3].

Предлагаемое авторами соотношение для определения времени испарения внутри помещений с учетом длительности локализации и ликвидации пролива, которые взаимосвязаны и зависимы между собой, нереализуемо. На сегодня отсутствует методика по оценке длительности локализации и ликвидации пролива. Кроме того, ведение этих работ во взрывоопасной среде, согласно Уставу по организации и ведению газоспасательных работ, запрещено.

Только в методиках МЧС России [4, 5, 17] с 1998 г. длительность стационарного испарения принимают в расчетах равной времени полного испарения, но не более 3600 с.

Федеральные нормы и правила [3] для определения времени кипения рекомендуют зависимость:

$$\tau_{\text{и}} = \max \left[\frac{L_{0,5\text{НКПР}}}{U_{\text{ветра}}} \cdot \left(\frac{3 \cdot (T_0 - T_{\text{к}})}{r_{\text{ж}} \cdot \sqrt{\pi}} \cdot \xi \cdot \frac{F_{\text{п}}}{F_{\text{ж}} \cdot \sqrt{\tau}} \cdot \frac{1}{m_{\text{и}}} \right)^2 \right], \quad (3)$$

где T_0 и $T_{\text{к}}$ — соответственно абсолютные температуры подложки (грунта) и жидкости; $r_{\text{ж}}$ — удельная теплота парообразования жидкости; ξ — коэффициент тепловой активности грунта; $F_{\text{п}}$ — площадь поверхности контакта жидкости с твердой поверхностью пролива; $F_{\text{ж}}$ — площадь поверхности зеркала жидкости; $L_{0,5\text{НКПР}}$ — расстояние, на котором ПГФ, дрейфующая от пролива площадью $F_{\text{ж}}$ и скоростью эмиссии $m_{\text{и}}$, рассеивается до концентрации 0,5 НКПР, отсчитывается от наветренной стороны; $U_{\text{ветра}}$ — скорость воздушного потока над зеркалом испарения.

Данное соотношение вызывает удивление по своему физическому смыслу и возможности решения [7, 18].

Представленная зависимость справедлива для тех сжиженных газов, у которых выполняется условие $T_0 > T_{\text{к}}$. В случае выброса такой жидкости в атмосферу часть ее переходит в пар, образуя первичное облако, и только затем наступает процесс парообразования из пролива. К сожалению, зависимость не учитывает влияния этого облака на процесс рассеивания опасного вещества.

При этом отсутствие рекомендаций по оценке $L_{0,5\text{НКПР}} U_{\text{ветра}} \sqrt{\tau}$ делают зависимость трудной в исполнении. Здесь длительность кипения связывают с временем рассеивания эмиссии до взятой без обоснования взрывобезопасной концентрации, равной 0,5 НКПР, при этом некоторые вещества могут быть токсически смертельно опасными на этом состоянии (аммиак и др.).

Жидкость, находящаяся при температуре кипения, продолжает кипеть, если имеет место подвод тепла. При несоблюдении этого условия кипение жидкости прекращается. Следовательно, время рассеивания эмиссии из пролива до 0,5 НКПР не оказывает влияния на длительность протекания процесса кипения жидкости.

2. Физические основы процессов кипения и испарения

Парообразование — это процесс перехода вещества из жидкого состояния в газообразное (пар). Имеют место два способа парообразования — кипение и испарение, при этом теплота при испарении называется скрытой теплотой парообразования.

Теплота парообразования затрачивается на преодоление сил молекулярного сцепления в жидкой фазе и работу расширения при превращении жидкости в пар.

Кипение — это процесс парообразования по всему объему жидкости, протекающий при температуре кипения жидкости. Температура кипения наступает тогда, когда давление паров достигает упругости давления газа, окружающего жидкость (при проливе сжиженных газов $P_H = 101,3$ кПа). Кипение жидкости требует постоянного подвода тепла. Это тепло должно обеспечить прежде всего поддержание жидкости при температуре кипения, и затем быть достаточным для образования паров и выхода их из жидкости. Массовая скорость парообразования зависит от интенсивности подвода тепла (q) и удельной теплоты парообразования вещества ($r_{\text{ж}}$):

$$m_{\text{к}} = \frac{q}{r_{\text{ж}}}.$$

Под испарением понимают парообразование на свободной поверхности жидкости в результате теплового движения молекул. Это эндотермический

процесс, при котором поглощается теплота фазового перехода жидкости в пар. В отличие от кипения, испарение происходит при любой температуре. При переводе молекулы жидкости в пар необходимо оторвать ее от всех молекул, к которым она притягивается, и совершить работу расширения при превращении жидкости в пар.

Молекулы любой жидкости находятся в непрерывном и беспорядочном движении, совершают тепловые колебания около положения равновесия со скоростью, отличной от средней в объеме жидкости. Поэтому у каждой молекулы кинетическая энергия может быть как больше, так и меньше средней кинетической энергии теплового движения, которая пропорциональна средней температуре жидкости: $E_{\text{к}} \approx k \cdot T_{\text{ср}}$, где k — постоянная Больцмана.

В жидкости потенциальная энергия взаимодействия молекул, как правило, превышает кинетическую энергию хаотического теплового движения. И все-таки, согласно закону молекулярной физики, на поверхности жидкости всегда найдутся молекулы, которые могут покинуть жидкость (уйти за ее пределы) вследствие превышения их кинетической энергии над потенциальной энергией связи с окружающими молекулами. При этом средняя энергия оставшихся молекул становится меньше, жидкость остывает.

Однако при испарении воды в открытом бассейне понижения температуры не наблюдается. Испарение в этом случае протекает медленно и температура жидкости поддерживается постоянной за счет теплообмена с окружающей средой. Характер изменения температуры жидкости зависит от соотношения интенсивности подвода тепла и необходимых затрат на парообразование, т. е. скорости испарения жидкости.

С повышением температуры жидкости возрастает средняя скорость теплового движения ее молекул и, следовательно, увеличивается число молекул, у которых кинетической энергии достаточно для покидания жидкости. Их число n в единице объема n_0 оценивается выражением: $n = n_0 \cdot e^{-Mr/RT}$, где R — универсальная газовая постоянная; M — молекулярная масса вещества с энергией парообразования r .

С повышением температуры жидкости растет и упругость паров P_H в пространстве над жидкостью.

3. Эффективная длительность кипения жидкости из пролива

Рассмотрим поведение сжиженного аммиака при его проливе на бетонную поверхность с температурой 20 °С при скорости воздушного потока 1 м/с.

Графические зависимости поведения интенсивности парообразования при кипении и при испарении из пролива показаны на рисунке. Здесь же представлены теплоприток от подстилающей поверхности и потребность (расход) тепла на испарение из пролива, согласно Федеральным нормам и правилам [3, 5].

При этом для оценки интенсивности парообразования с единицы поверхности пролива использовано решение уравнения одномерной нестационарной диффузии теплового потока в зависимости от физических свойств подстилающей поверхности бетона:

$$m_{\Gamma} = \sqrt{\frac{\rho_{\Gamma} \cdot C_{\Gamma} \cdot \lambda_{\Gamma}}{\pi \cdot \tau}} \cdot \frac{T_{\Gamma} - T_{\kappa}}{r_{\kappa}}, \quad (4)$$

где $\rho_{\Gamma} = 2300 \text{ кг/м}^3$ — плотность материала; $C_{\Gamma} = 1130 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{град)}$ — теплоемкость матери-

ала; $\lambda_{\Gamma} = 1,28 \text{ Вт/(м} \cdot \text{град)}$ — коэффициент теплопроводности; τ — время контакта жидкости с поверхностью грунта, с; T_{Γ} , T_{κ} — абсолютные температуры подстилающей поверхности и жидкости; $r_{\kappa} = 1360 \text{ кДж/кг}$ — удельная теплота парообразования аммиака.

Для определения интенсивности испарения из пролива используем широко известную зависимость:

$$m_{\text{и}} = 10^{-6} \cdot \eta \cdot P_{\text{Н}} \cdot \sqrt{M}. \quad (5)$$

Здесь η — коэффициент, учитывающий влияние скорости и температуры воздушного потока над зеркалом испарения жидкости, $P_{\text{Н}}$ — давление насыщенных паров жидкости при расчетной температуре (кПа), M — молекулярная масса опасного вещества, кг/кмоль.

Значения коэффициента η выбираем по таблице, заимствованной из [3—5]. Все действующие источники [3—6] предполагают постоянство скорости парообразования при испарении с поверхности пролива.

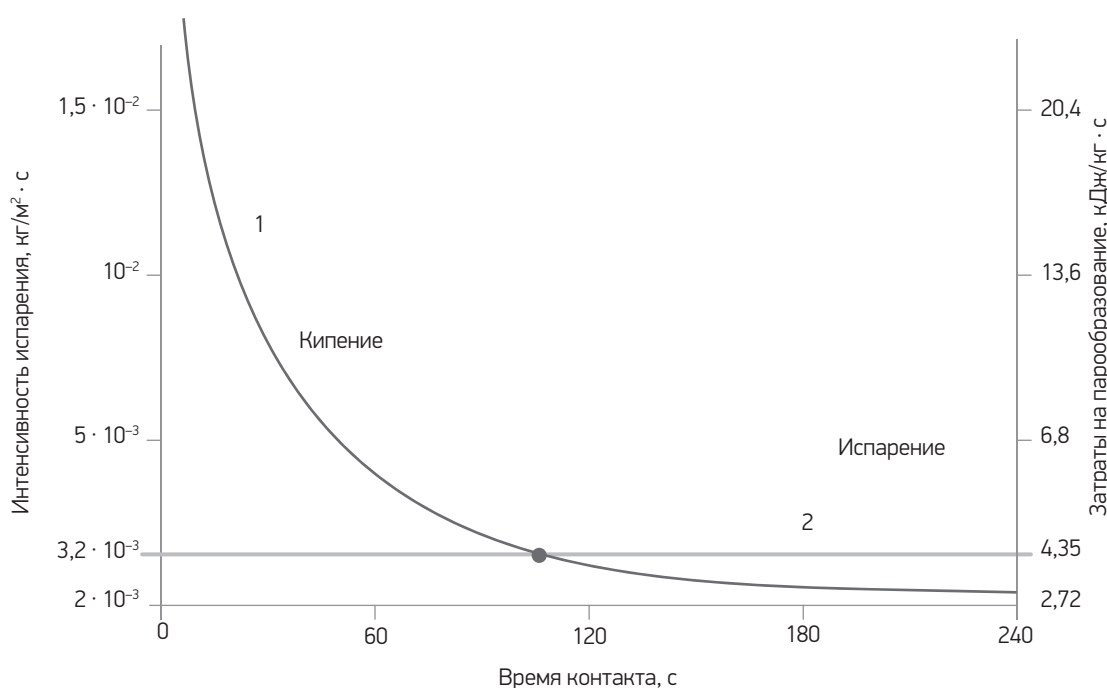


Рисунок. Парообразование жидкого аммиака на бетонной поверхности во времени при скорости воздушного потока 1 м/с

Построение графиков тепловых потоков базируется на представленных выше зависимостях с учетом теплоты парообразования при кипении $q_{\Gamma} = r_{\text{ж}} \cdot m_{\Gamma}$ и при испарении $q_{\text{и}} = r_{\text{ж}} \cdot m_{\text{и}}$.

Это позволило объединить на рисунке графические зависимости материальных и тепловых потоков, обеспечить наглядность сопоставления интересующих нас процессов кипения и испарения аммиака.

Из рисунка следует, что процесс испарения аммиака из пролива характеризуется постоянством как скорости парообразования, так и расходов энергии на испарение во времени (зависимость 2).

После пролива происходят резкое снижение теплового потока от подстилающей твердой поверхности и соответственно также резкое падение интенсивности парообразования при кипении (зависимость 1). По мере охлаждения грунта величина теплопотока снижается и становится сопоставимой с потребностями на испарение $q_{\Gamma} = q_{\text{и}}$, а затем становится меньше $q_{\text{и}}$.

Особый интерес вызывает точка пересечения, для которой характерно прежде всего равенство скоростей парообразования при кипении m_{Γ} и при испарении $m_{\text{и}}$. Кроме того, в этой точке теплоприток от грунта q_{Γ} становится равным затратам на испарение $q_{\text{и}}$. В дальнейшем при $q_{\Gamma} < q_{\text{и}}$ подвод тепла не компенсирует энергозатраты на парообразование при кипении и испарении: будет происходить понижение температуры жидкости со временем. Следовательно, можно считать, что кипение жидкости прекращается в точке пересечения, когда $q_{\Gamma} = q_{\text{и}}$.

Время кипения $\tau_{\text{к}}$ жидкости за счет тепла подстилающей поверхности (грунта) следует определять из условия равенства скоростей парообразования при кипении и испарении жидкости:

$$\frac{T_{\Gamma} - T_{\text{к}}}{r_{\text{ж}}} \cdot \frac{\sqrt{\rho_{\Gamma} \cdot C_{\Gamma} \cdot \lambda_{\Gamma}}}{\sqrt{\pi \cdot \tau_{\text{к}}}} = 10^{-6} \cdot \eta \cdot P_{\text{Н}} \cdot \sqrt{M}. \quad (6)$$

Решение этого уравнения показывает, что время кипения для нашего случая будет составлять около 120 с.

С возрастанием скорости воздушного потока, т.е. интенсивности испарения, время кипения будет уменьшаться. При скорости испарения $5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ время кипения сократится до 60 с.

Для сжиженных газов теплоприток от воздушного потока окружающей среды не оказывает за-

метного влияния на повышение температуры жидкости и, следовательно, на процесс испарения. Так, при скорости испарения $5 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, коэффициенте $a'_{\text{в}} = 8 \text{ Вт}/\text{м}^2$ и $\Delta t = 20 - (-33,4) = 53,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ тепловой поток, согласно уравнению Ньютона — Рихмана, $q_{\text{в}} = a'_{\text{в}} \cdot \Delta t$, составит $0,427 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, что от необходимых затрат на парообразование при испарении не будет превышать 6%.

В случае выброса сжиженного хлора на бетонную поверхность длительность эффективного кипения при скорости ветра 1 м/с не превышает 10 мин, что в два раза меньше, чем по утверждениям авторов [11]. В то же время, согласно данным, представленным на рис. 4.24, жидкий хлор при проливе находится только в режиме кипения. Следовательно, работоспособность фундаментального уравнения (2.16) [11], где представлены условия перехода режима кипения в режим испарения, которые регламентируются через «диффузионный поток, определяемый с помощью пристеночных функций из условия, что молярная доля пара на межфазовой границе равна единице», вызывает сомнение из-за противоречивости представленных данных.

Вследствие энергетических затрат на фазовый переход «жидкость — пар» температура жидкости при испарении находится значительно ниже температуры кипения, о чем говорят многочисленные отечественные и зарубежные исследования [11—16].

Так, при разгерметизации труб аммиакопровода за счет испарения 1/6 части количества вытекшего аммиака грунт охлаждается до $-60 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [10]. Это еще раз подтверждает, что теплом воздушного потока можно пренебречь. Авторы монографии [11] считают, что выполнение расчетов интенсивности испарения с поверхности пролива с использованием постоянных значений давления насыщенных паров дает результаты, завышенные в несколько раз.

Для учета эффекта снижения температуры жидкости при испарении авторы работ [15, 16] рекомендуют вводить понижающий коэффициент, равный 1,5—2,0 для жидкостей с температурой кипения ниже $80 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Примечание. Применение данных, представленных в таблице 1 из [3—5], о снижении скоростей испарения с повышением температуры воздушного потока на поверхности пролива вызывает сомнение для индивидуальных опасных веществ.

Зависимость коэффициента η

Таблица 1

Скорость воздушного потока над зеркалом испарения, м/с	Значение коэффициента η при температуре воздуха над зеркалом испарения, °C				
	10	15	20	30	35
0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

Согласно закону Дальтона (1903 г.), скорость испарения воды пропорциональна разности давлений: давления насыщенного пара (P_H) при температуре жидкости и давления водяных паров, находящихся в воздушном пространстве (P_B).

При повышении температуры воздушного потока снижается движущая сила процесса испарения воды ($P_H - P_B$) за счет повышения содержания паров воды в воздушном пространстве (P_B) над поверхностью испарения воды. Скорость процесса испарения падает, невзирая на возрастание теплопритока от воздушного потока.

При испарении индивидуальных опасных веществ их пары в набегающем воздушном потоке отсутствуют. Данные таблицы 1 справедливы при испарении воды.

Заключение

Представленный материал позволяет сделать следующие выводы.

Проведен анализ материального и теплового балансов процессов кипения и испарения жидкости. В результате получено расчетное уравнение, которое позволяет оценить время кипения жидкости с учетом тепловой активности материала подстилающей поверхности и скорости испарения опасного вещества.

При проливе сжиженные газы приобретают температуру кипения и, соответственно, давление насыщенных паров, определяемое давлением окружающей среды над жидкостью, становится равным атмосферному давлению 101,3 кПа.

Физическая сущность эндотермического процесса парообразования при испарении указывает

на понижение температуры жидкости со временем и соответственно на падение давления насыщенных паров интенсивности парообразования. Следовательно, Федеральные нормы и правила по расчету скорости испарения требуют корректировки, так как не учитывают этого факта.

Литература

1. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. М.: Химия, 1991. С. 432.
2. Resplandy A. Chimie Industrie-Genie Chimique. 1969. V. 102. № 6. P. 691—702.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности. «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», утв. Приказом Ростехнадзора от 11 марта 2013 г. № 96 взамен ПБ 09-540-03.
4. ГОСТ 12.3.047-(1998) 2012. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля.
5. Методика определения расчетов величин пожарного риска на производственных объектах. Приказ МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404.
6. Методика моделирования распространения аварийных выбросов опасных веществ, утв. приказом Ростехнадзора от 20.04.2015 взамен РД 03-26-2007.
7. Васьков Р.Е., Кочетов Н.М. Надежность методик прогнозирования последствий взрыва топливно-воздушной смеси на опасном производственном объекте // Проблемы анализа риска. 2014. Т. 11. № 6. С. 60—71.
8. Кочетов Н.М. О методиках оценки потенциальной опасности при проектировании технологических процессов // Проблемы анализа риска. 2009. Т. 6. № 2. С. 64—71.

9. Кочетов Н.М. Оценка поражающего воздействия взрыва при проектировании технологических процессов // Проблемы анализа риска. 2010. Т. 7. № 3. С. 80—86.
10. Заказнов В.Ф., Куршева Л.Н., Упадышев К.А. Ликвидация пролива жидкого аммиака // Химическая промышленность. 1980. № 6. С. 351—363.
11. Старовойтова Е.В., Галеев А.Д., Поникаров С.И. Основы прогнозирования последствий аварийных залповых выбросов сжиженных газов: Монография. Казань: Изд-во ИНИТУ, 2013. С. 156.
12. Иванов Ю.А., Стрижевский И.И. Хранение и транспортирование аммиака. М.: Химия, 1998. С. 68.
13. Ball L. W. Ammonia plant Safety 1970, V. 12, № 3. P. 264.
14. Burgess et. al. 15-th Symposium International Combustion, Tokyo, 1974. P. 283—289.
15. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе: Справ. изд. М.: Химия, 1991. С. 362.
16. Кочетов Н.М. Моделирование процесса парообразования сжиженных газов при их аварийном разливе. Проблемы анализа риска. 2009. Т. 6. № 3. С. 64—71.
17. СП 12.13130-09. Определение категорий помещений зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
18. Богач В.В., Васьков Р.Е. и др. Об эффективной длительности испарения // Вестник Казанского технологического ун-та. 2015. № 12 (18). С. 44—46.

Сведения об авторах

Кочетов Николай Михайлович: кандидат технических наук, доцент, Новомосковский институт повышения квалификации (НИПК)

Количество публикаций: более 100, из них 3 учебно-методических. Соавтор 2 нормативных документов в области промышленной безопасности

Область научных интересов: экологическая и промышленная безопасность

Контактная информация:

Адрес: 301650, Тульская обл., г. Новомосковск, ул. Комсомольская, д. 35, кв. 52

Тел.: +7 (962) 273-96-99

E-mail: galnik1947@yandex.ru

Кочетов Александр Николаевич: Северо-Западное управление Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор)

Количество публикаций: более 30

Область научных интересов: нормативно-правовое регулирование в области обеспечения промышленной и экологической безопасности территорий

Контактная информация:

Адрес: 195276, г. Санкт-Петербург, пр. Просвещения, д. 68-1-53

Тел.: +7 (965) 749-43-60

E-mail: himstroy212@mail.ru

УДК 62.001.25

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2016

О способах расчета метрик аварийного риска при наличии неопределенности

Е. Ю. Колесников,Поволжский государственный
технологический университет,
г. Йошкар-Ола**В. М. Колодкин,**Удмурдский государственный
университет,
г. Ижевск

Аннотация

При выполнении анализа и количественной оценки аварийного риска необходимо учитывать наличие неопределенности у множества параметров задачи. Без привлечения гипотез о поведении величины параметра внутри диапазона его возможных изменений это может быть сделано путем задания этих параметров интервалами и выполнением всех необходимых расчетов интервальными методами. В статье выполнены расчеты аварийного риска условного опасного объекта шестью способами — двумя точечными и четырьмя интервальными. Точечные расчеты выполнены в консервативной и усредненной постановке. Интервальные расчеты выполнены как естественным (наивным), так и тремя другими методами, с принятием мер по сужению интервалов, являющихся результатами вычислений. Учитывая, что аварийный риск оценивает как величину ущерба от аварии, так и вероятность его причинения, предложен способ уменьшения ширины интервала этой метрики. Данный способ может быть использован только при наличии надежной информации о поведении величины параметров внутри интервалов их изменений.

Результаты работы показывают, что использованные в ней методы позволяют значительно улучшить качество получаемых интервальных оценок.

Ключевые слова: аварийный риск, виды неопределенности, способы уменьшения неопределенности риска, интервальный анализ, методы сужения интервалов.

Содержание

Введение

1. Способы уменьшения неопределенности метрик риска
2. Пример оптимизации расчета интервальных метрик аварийного риска

Заключение

Литература

Введение

Процедура количественной оценки риска (КОР) опасных объектов является, по сути, одной из процедур оценки соответствия, поскольку предполагает сравнение полученных в результате расчета (либо экспертизы) метрик риска с их нормативными значениями. Уже на первом этапе применения методологии анализа риска было понятно, что многие параметры задачи (например, свойства опасного объекта, окружающей его обстановки) в реальных условиях варьируют, меняются в пределах некоторых диапазонов. Чтобы учесть эти вариации, вначале предлагалось выполнять количественные оценки по самому консервативному сценарию, при котором количество опасного вещества,

участвующего в аварии, — наибольшее, а метеоусловия и расположение объектов-мишеней в зоне поражения — самые неблагоприятные. Однако со временем от данного подхода отказались, поскольку вероятность сочетания всех этих условий одновременно слишком мала. В качестве альтернативы было предложено при оценке риска ориентироваться на средние величины параметров. С нашей точки зрения, и этот подход является неудовлетворительным, поскольку: а) создает опасную иллюзию точной оценки; б) не позволяет оценить диапазон, в котором на самом деле меняется метрика риска из-за фактических вариаций параметров задачи. Подобные изменения параметров принято называть и количественно оценивать их неопределенностью.

Наличие у параметров риска неопределенности хорошо известно. Причины этого факта, отчасти объективные, отчасти субъективные, проанализированы нами в [1]. Показано, что неопределенность метрики аварийного риска по происхождению может быть *терминологической, параметрической и модельной*. К этому ряду следует добавить *вычислительную* неопределенность, обусловленную особенностями применяемых при расчете вычислительных методов.

Как же поступать, чтобы при выполнении КОР учитывать неопределенность параметров задачи? Вообще говоря, предложено несколько способов — с использованием нечетких чисел, в вероятностной постановке, методами интервального анализа. Последний метод нам представляется наиболее универсальным, поскольку не требует привлечения каких-либо гипотез о поведении величины параметра внутри диапазона [2].

Количественная оценка неопределенности (КОН) необходима в том числе для того, чтобы при оценке соответствия опасного объекта вычленять вклад свойств самого объекта в общий бюджет неопределенности целевой метрики риска.

Между тем имеющийся опыт показывает, что выполнение расчетов целевых метрик риска в полной интервальной постановке, без принятия специальных мер по уменьшению вычислительной неопределенности, в качестве результата нередко дает интервальные величины очень значительной ширины. Их сравнение (evaluation) с норматив-

ными значениями аварийного (пожарного) риска, представленными в настоящее время скалярными (точечными) величинами, приведет к ситуации, в которой норматив (скаляр) окажется внутри интервала значений целевой метрики. А в подобной ситуации определенные выводы об обеспечении аварийной (пожарной) безопасности на опасном объекте не могут быть сделаны. Это, безусловно, затрудняет управление аварийной (пожарной) безопасностью в рамках риск-ориентированного подхода. Следовательно, принципиально важно предложить меры, способные уменьшить субъективный (в частности, вычислительный) компонент неопределенности целевых метрик риска.

В данной работе рассматриваются негативные особенности интервальных методов и способы их преодоления.

1. Способы уменьшения неопределенности метрик риска

Учитывая наличие идентифицированных выше источников неопределенности результатов КОР, можно предложить следующие направления работы по уменьшению неопределенности целевых метрик риска.

1. Ликвидация терминологической неопределенности. Ликвидировать этот источник неопределенности наиболее просто, проблему решит разработка соответствующего глоссария, в котором все параметры, используемые при выполнении КОР, получили бы четкое и недвусмысленное толкование. Данному глоссарию следует придать нормативный статус и сделать обязательным его применение.

2. Минимизация модельной неопределенности. Для более точного прогнозирования поражающих факторов аварий необходимо продолжить теоретические исследования с целью разработки более адекватных физико-математических моделей аварийных процессов с обязательной их последующей экспериментальной верификацией. Для любой подобной модели должна быть ясно очерчена область ее применимости. Модельную неопределенность в части оценки поражающих факторов эффективно минимизирует испытанный отечественный способ, суть которого заключается в том, что некая физико-математическая модель назначается эталонной и утверждается в установленном порядке в качестве

нормативной. По мере разработки более совершенных моделей нормативная модель подлежит замене.

Наш анализ показал [2], что минимизация модельной неопределенности при прогнозировании последствий (ущерба) аварии требует выполнения большого объема работы по совершенствованию способов оценки аварийного ущерба — как в натуральном, так и (особенно) в денежном выражении.

Согласно выполненным количественным оценкам источником очень большой неопределенности является этап КОР, на котором оцениваются вероятности — аварийного события, реализации тех или иных сценариев аварии, причинения ущерба заданной степени объектам-мишеням. Еще предстоит оценить вклад объективной и субъективной составляющих в общий бюджет неопределенности данного этапа.

3. Минимизация параметрической неопределенности. В тех случаях, когда имеется надежная статистически устойчивая информация о поведении величины параметра внутри границ интервала, ее использование позволяет получить определенный результат по уменьшению неопределенности метрики риска. Данный способ основан на учете особенностей целевой метрики аварийного риска, которая учитывает как величину ущерба, так и вероятность его причинения. Наиболее полная информация подобного рода может быть представлена, когда известна функция плотности вероятности параметра в заданном интервале. Менее информативно кусочно-непрерывное представление о вероятности нахождения величины параметра внутри подинтервалов, на которые поделен интервал ее изменений.

Подобный прием может быть использован для любых параметров задачи, у которых имеется устойчивая статистика (например, метеорологических параметров для данной местности). При этом следует проявлять осторожность в тех случаях, когда статистика имеется для большой группы примерно схожих объектов. Их индивидуальные различия могут оказаться столь значительными, что объединить их в генеральную совокупность не представляется возможным. В подобных ситуациях различия между их выборками также будут очень большими, поэтому ни о каких устойчивых закономерностях говорить не приходится.

4. Минимизация вычислительной неопределенности. За последние десятилетия интервальный анализ как ветвь математики усилиями отечественных и зарубежных специалистов получил значительное развитие, см., например [8—10]. Показано, что некоторые трудные математические задачи решаются его методами успешнее, чем в рамках классической математики. Одновременно выявлены и исследованы проблемы, присущие исключительно интервальным методам. Например, имеет место непропорциональное увеличение ширины результата расчетов в случаях, когда параметры расчетного выражения входят в него более одного раза либо связаны между собой функционально. Для минимизации этих эффектов предложено несколько методов [8—10], в том числе методы глобальной оптимизации.

Применительно к рассматриваемой нами задаче минимизация вычислительной неопределенности интервальных вычислений заключается в поиске минимальной области значений функций, используемых в физико-математических моделях аварийных процессов.

2. Пример оптимизации расчета интервальных метрик аварийного риска

С учетом ограниченных рамок статьи в качестве опасного объекта рассмотрим склад легковоспламеняющихся жидкостей, на территории которого расположен резервуар РВС-300 (высота 7,5 м, диаметр 7,58 м) с диизопропиловым эфиром. Резервуар расположен внутри защитного обвалования, имеющего вид вертикальной стальной стенки высотой $h_{ог} = 2,7$ м, находящейся на расстоянии 3,5 м от стенки резервуара. Окружающее склад пространство сильно загромождено. Персонал находится на открытой местности на удалении 8÷13 м от центра резервуара.

Те же ограничения не позволяют проанализировать здесь весь спектр возможных вариантов разгерметизации резервуара и последующих событий. Посему рассмотрим наиболее драматичный сценарий аварии — полное квазимгновенное раскрытие резервуарной стенки, сопровождающееся частичным переливом ЛВЖ через обвалование.

Из всего перечня возможных сценариев дальнейшего развития аварийной ситуации, опять-та-

ки в силу ограничений места, выберем для анализа сценарий объемного взрыва паровоздушного облака (ПВО), образовавшегося вследствие длительного испарения пролива диизопропилового эфира.

Положим, что вероятность аварии (квази-мгновенной разгерметизации РВС-300) составляет 10^{-4} год $^{-1}$, условная вероятность реализации рассматриваемого сценария (объемного взрыва паровоздушного облака) — 0,2.

Все вычисления выполним с помощью программного кода INTLAB версии 7.1, являющегося интервальным приложением (toolbox) к MATLAB. INTLAB разработан профессором З. М. Румпом из Гамбургского института надежных вычислений.

Терминологическая неопределенность. Выполненный нами анализ позволил идентифицировать для рассматриваемого сценария аварии следующие источники данного типа неопределенности:

- скорость воздушного потока (таблица П3.5 [4]) — в нормативной методике отсутствуют указания, на какой высоте и с каким периодом осреднения следует измерять скорость ветра. Между тем это важно, поскольку в России, как и в Европе, среднюю скорость ветра принято измерять на высоте флюгера (10 м) с усреднением за 20 минут, а в США и Индии — иначе;

- понятие (средней) концентрации паров горючего вещества в паровоздушной смеси $C_{\text{п}}$. Как известно, открытая атмосфера всегда (кроме непродолжительных периодов выраженной температурной инверсии) сильно турбулизована, поэтому этот параметр очень существенно зависит от периода осреднения. Неуказание периода осреднения концентрации создает значительную терминологическую неопределенность.

Модельная неопределенность может быть минимизирована использованием для расчета пожарного риска исключительно моделей нормативной методики [4], утвержденной Приказом МЧС России. Однако, к сожалению, полностью это модельную неопределенность не исключает, поскольку:

- 1) остается произвол в идентификации класса окружающего пространства экспертом;

- 2) таблица П3.3 [4] позволяет идентифицировать лишь наиболее вероятный тип взрывного превращения ПВО в рассматриваемых условиях, веро-

ятность реализации других типов остается не равной нулю;

- 3) рекомендованный [4] метод расчета интенсивности испарения пролива W , кг/с $\cdot$ м 2 , основан на положениях молекулярной диффузии и мало-пригоден для условий открытой атмосферы с развитым турбулентным обменом [11]. Отсутствие учета величины скорости ветра при расчете W является серьезным дефектом данного метода. Следует отметить, что он неоднократно подвергался заслуженной критике;

- 4) еще одним изъяном следует считать игнорирование нормативной методикой [4] сценария развития аварии, при котором образующееся в результате испарения пролива паровоздушное облако дрейфует по ветру и может взорваться на некотором удалении от места образования.

Параметрическая неопределенность. Придерживаясь предложенной нами в [1] классификации, выделим три группы параметров, имеющих различную природу неопределенности:

- а) природно-эксплуатационная группа в рассматриваемом случае представлена следующими параметрами задачи:

- масса ЛВЖ в резервуаре в момент аварии m_0 , кг. Принимаем интервал $m_0 \in [30\,000; 200\,000]$ кг. При этом согласно эксплуатационной документации 50% времени величина $m_0 \in [100\,000; 170\,000]$ кг, 20% — $m_0 \in [30\,000; 100\,000]$ кг, 30% — $m_0 \in [170\,000; 200\,000]$ кг;

- температура атмосферного воздуха $T_{\text{в}}$, К. По данным [12] среднемесячные температуры атмосферы для рассматриваемой местности, °С: I — -12,1; II — -11,4; III — -4,6; IV — -4,7; V — 12,0; VI — 16,5; VII — 18,6; VIII — 16,1; IX — 10,3; X — 3,4; XI — -3,7; XII — -9,4. Таким образом, $T_{\text{в}} \in [261,05; 291,75]$ К. Выполнив внешнее округление границ интервала, получим $T_{\text{в}} \in [261; 292]$ К. Поскольку нижняя граница интервала $T_{\text{в}}$ находится в пределах температурного диапазона взрываемости паров ЛВЖ [13], реализация рассматриваемого сценария возможна.

Далее средствами MATLAB аппроксимируем годовой ход температуры [15] полиномом шестой степени, результаты представлены на рис. 1. Затем разобьем весь диапазон температур $T_{\text{в}}$ на 31 подынтервал шириной 1 К и подсчитаем часто-

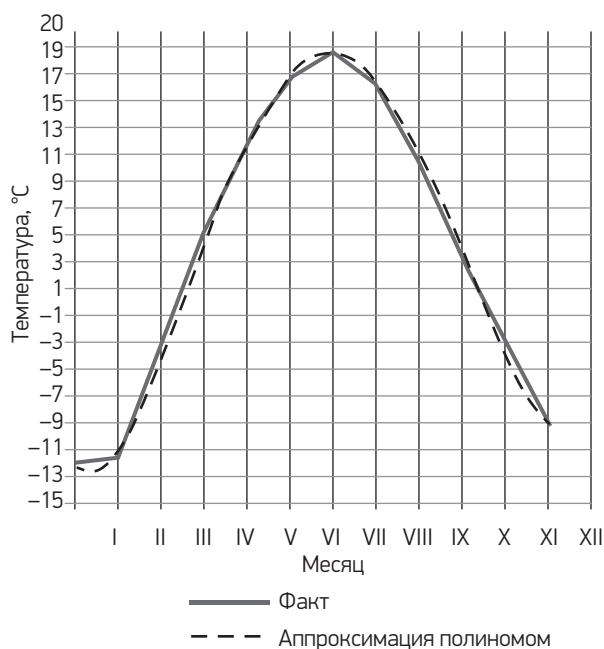


Рис. 1. Годовой ход среднемесячной температуры приземной атмосферы

ты n_j попадания температуры в эти подынтервалы ($j = 1, 2, \dots, 31$). В качестве оценки вероятностей P_{Tj} распределения температуры воздуха в диапазоне [261; 292] К нами были приняты величины $P_{Tj} = n_j/31$ (очевидно, что условие нормировки $\sum_{j=1}^{31} P_{Tj} = 1$ выполнено);

- согласно эксплуатационным данным вероятности нахождения персонала на удалении от центра резервуара в интервале 8—15 м могут быть дифференцированы следующим образом: 20% времени люди пребывают на расстоянии $X_1 \in [8; 10]$ м ($P_{X1} = 0,2$), 70% времени — на расстоянии $X_2 \in [10; 13]$ м, остальные 10% — $X_3 \in [13; 15]$ м ($P_{X3} = 0,1$);

б) модельная группа:

- параметр Z , задающий долю опасного вещества в ПВО, принимающего участие во взрыве. В общем случае нормативная методика [4] рекомендует для Z точечное значение 0,1; хотя в литературе имеются совершенно иные оценки величины данного параметра. Например, Ван ден Берг с коллегами (Van den Berg A.C. et al.), проанализировав

последствия 23 реальных аварий, оценили эффективность взрыва величиной из диапазона от 0,0002 до 0,159 со средним значением 0,03 [7];

- скорость звука в воздухе, м/с. Нормативная методика оперирует исключительно точечным значением $u_{зв} = 340$ м/с. Между тем, как известно, скорость звука в газах возрастает пропорционально корню квадратному из температуры:

$$u_{зв} = \sqrt{\frac{\gamma \cdot R \cdot T}{\mu}}, \quad (1)$$

где R — универсальная газовая постоянная, 8314 Дж/кмоль · К;

γ — показатель адиабаты (коэффициент Пуассона) газа;

μ — молярная масса газа, кг/кмоль.

Таким образом, с учетом величины коэффициента Пуассона для воздуха $\gamma = 1,4$ и молярной массы воздуха $\mu = 29$ кг/кмоль, для принятого нами диапазона температуры $T_{в}$ скорость звука в воздухе $u_{зв} \in [325,5; 342,2]$ м/с. Однако в данной работе при выполнении расчетов согласно [4] будет использована точечная (неинтервальная) величина $u_{зв} = 340$ м/с;

- стехиометрическая концентрация паров ЛВЖ $C_{ст}$, об. %. Химическая формула диизопропилового эфира $C_6H_{14}O$. Следовательно, по формуле (32) Руководства [17]

$$C_{ст} = \frac{100}{4,84 \cdot \beta + 1}, \quad (2)$$

где $\beta = m_c + \frac{m_n}{4} - \frac{m_o}{2} = 6 + \frac{14}{4} - \frac{1}{2} = 9,0$ об. %;

получаем $C_{ст} = \frac{100}{4,84 \cdot 9 + 1} = 2,24$ об. %;

- величина нижнего концентрационного предела $C_{НКПР}$, об. %. Справочник [13] дает точечное значения $C_{НКПР} = 1,3$ об. %;

- константы уравнения Антуана, согласно справочнику [13]: $A = 6,22$; $B = 1256,7$; $C_A = 230,4$;

- коэффициент разлития f_p , м⁻¹. Нормативная методика [4] для неспланированной территории (именно такой тип подстилающей поверхности

на рассматриваемом условном складе ЛВЖ) рекомендует точечное значение $f_p = 20 \text{ м}^{-1}$;

в) в смешанную группу отнесем параметры, характеризующие физико-химические свойства диизопропилового эфира:

- молярная масса μ , кг/кмоль. Справочник [13] сообщает точечное значение $\mu = 102,2 \text{ кг/кмоль}$;
- плотность данного ЛВЖ $\rho_{ж0} = 723 \text{ кг/м}^3$ при 288 К [13]. Пренебрегая зависимостью коэффициента теплового расширения κ от температуры, принимаем $\kappa = 0,001496 \text{ К}^{-1}$ [16], тогда в рассматриваемом нами диапазоне температур T_v плотность жидкой фазы диизопропилового эфира

$$\rho_{ж}(T) = \rho_{ж0} \cdot [1 - \kappa \cdot (T - T_{ст})] \quad (3)$$

находится в интервале $\rho_{ж}(T) \in [718,7; 752,2] \text{ кг/м}^3$;

- удельная теплотворная способность $E_{уд}$, Дж/кг. С учетом рекомендаций [4] принимаем для диизопропилового эфира $E_{уд} = 0,82 \cdot 44\,000\,000 = 3,6 \cdot 10^7 \text{ Дж/кг}$;

- скорость фронта распространения пламени. Идентифицировав с помощью экспертной таблицы ПЗ.3 нормативной методики наиболее вероятный класс взрывного превращения на рассматриваемом опасном объекте как второй, находим для скорости фронта пламени интервал $u_{фр} \in [300; 500] \text{ м/с}$.

2.1. Точечный расчет индивидуального аварийного риска

Сначала выполним расчет целевой метрики — индивидуального аварийного (пожарного) риска персонала рассматриваемого склада ЛВЖ — в точечной постановке:

- а) консервативной;
- б) средней.

Расчет в консервативной постановке. Объем V_0 ЛВЖ в резервуаре на момент аварии с учетом начальной массы m_0 и плотности $\rho_{ж}$ приравняем к максимальному значению $V_0 = 265,9 \text{ м}^3$, а начальный уровень h_0 при площади основания РВС-300, равной $45,1 \text{ м}^2$, составляет $h_0 = 5,89 \text{ м}$.

Относительный объем перелива ЛВЖ за пределы обвалования $V_{пер}$ при полной квазимгновенной разгерметизации резервуара $\phi = V_{пер}/V_0$ согласно рисунку ПЗ.3 нормативной методики [4] зависит от единственного параметра — отношения высоты

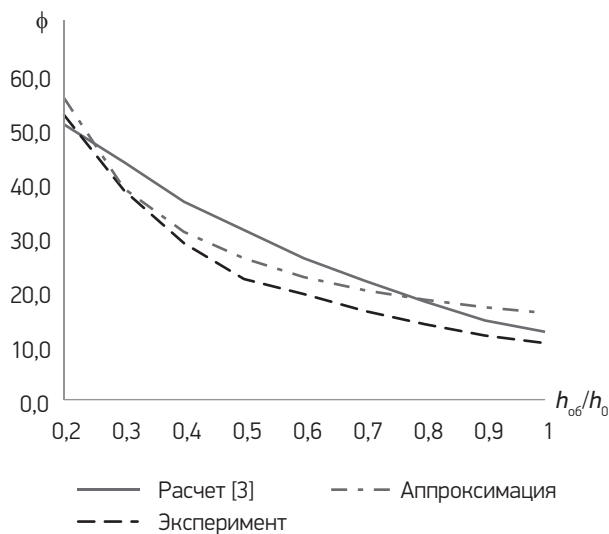


Рис. 2. Зависимость доли переливающей через обвалование жидкости ϕ от параметра $h_{об}/h_0$

обвалования к начальному уровню ЛВЖ в резервуаре $\xi_{об} = h_{об}/h_0$. Очевидное влияние на величину ϕ расстояния от стенки резервуара до (гребня) обвалования отсутствует, по-видимому, из-за их стандартного взаиморасположения. Представленная на графике рисунка ПЗ.3 [4] зависимость $\phi(\xi_{об})$ может быть грубо аппроксимирована гиперболой (рис. 2):

$$\phi = \frac{0,1}{\xi_{об}} \quad (4)$$

С учетом перелива части ЛВЖ через обвалование общая площадь пролива

$$S_{пр} = \pi \cdot R_{об}^2 + \phi \cdot V_0 \cdot f_p \quad (5)$$

Расчет в MATLAB дал значение площади пролива $S_{пр} = 1438 \text{ м}^2$.

Для определения массы паров эфира в ПВО необходимо определить величину интенсивности (удельной массовой скорости) его испарения W , кг/с $\cdot$ м², с поверхности пролива. Нормативная методика [4] использует для этих целей зависимость, полученную В. Г. Мацаком и Л. К. Хозяновым для процессов испарения внутри помещений [11]:

$$w = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{\mu} \cdot P_{н} \quad (6)$$

где $P_{н}$ — давление насыщенных паров ЛВЖ, кПа. Этот параметр рассчитаем по уравнению Антуана

для максимальной температуры T_b с использованием принятых нами констант, результат расчета в MATLAB: $P_n = 14,8$ кПа;

η — поправка, которую положим равной 1, т. к. скорость ветра в атмосфере в диапазоне $0 \div 1$ м/с на высоте 10 м примерно соответствует штилевым условиям.

С учетом молярной массы диизопропилового эфира получаем оценку: $W = 0,00015$ кг/с · м². При максимальной продолжительности испарения 3600 с [4] масса паров эфира в ПВО составит $m_n = 774,2$ кг.

В модели [4] паровоздушное облако аппроксимировано цилиндром с отношением радиуса к высоте 30:1. Величины радиуса и высоты этого цилиндра рекомендовано находить по формулам:

$$R_{\text{НКПР}} = 7,8 \cdot \left(\frac{m_n}{\rho_n \cdot C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,33}; \quad (7)$$

$$Z_{\text{НКПР}} = 0,26 \cdot \left(\frac{m_n}{\rho_n \cdot C_{\text{НКПР}}} \right)^{0,33}, \quad (8)$$

где ρ_n — плотность паров (при атмосферном давлении), кг/м³:

$$\rho_n = \frac{\mu}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_b)}, \quad (9)$$

V_0 — молярный объем, 22,4 м³/кмоль;

t_b — расчетная температура воздуха, °C, $t_b = T_b - 273,15$.

Результат расчета плотности паров (при наибольшей температуре, соответствующей максимуму массы паров в облаке) $\rho_n = 4,32$ кг/м³. Далее получаем оценки:

а) радиуса ПВО: $R_{\text{НКПР}} = 40,3$ м;

б) высоты ПВО: $Z_{\text{НКПР}} = 1,34$ м.

Средняя концентрация C_n паров в ПВО, рассчитываемая делением массы паров на объем цилиндра:

$$C_n = \frac{m_n}{V_{\text{ПВО}}} = \frac{m_n}{\pi \cdot R_{\text{НКПР}}^2 \cdot Z_{\text{НКПР}}}, \quad (10)$$

в консервативной постановке оказалась равна $C_n = 0,11$ кг/м³.

Объемная концентрация паров $C_{\text{по}}$, об. %, равна относительному объему, который будут занимать

пары ЛВЖ, если их привести к атмосферному давлению P_0 :

$$C_{\text{по}} = 100 \cdot \frac{C_n \cdot R \cdot T_b}{\mu \cdot P_0}. \quad (11)$$

Расчет по (11) дал следующую оценку: $C_{\text{по}} = 2,6$ об. %, которая превышает величину стехиометрической концентрации диизопропилового эфира. Следовательно, для оценки эффективного энергетического потенциала ПВО следует воспользоваться вторым соотношением (ПЗ.36) [4] (с учетом того обстоятельства, что плотность паров ЛВЖ превышает плотность воздуха):

$$E = 2 \cdot m_n \cdot Z \cdot E_{\text{уд}} \cdot \frac{C_{\text{ст}}}{C_{\text{по}}}. \quad (12)$$

Результат консервативной оценки энергетического потенциала ПВО в MATLAB по соотношению (12): $E = 4,82 \cdot 10^9$ Дж.

Безразмерное расстояние Сакса R_X рассчитывается по формуле

$$R_X = X \cdot \left(\frac{P_0}{E} \right)^{1/3}. \quad (13)$$

Учитывая, что при расчете параметров воздушной взрывной волны (ВВВ) этот параметр стоит в знаменателе, примем при его вычислении наименьшее расстояние X , тогда $R_X = 0,29$. Полученное значение меньше 0,34, поэтому согласно указаниям [4] при последующих вычислениях принимаем $R_X = 0,34$.

В консервативной постановке в качестве скорости фронта принимаем верхнюю границу интервала $u_{\text{фр}} = 500$ м/с.

Следуя далее алгоритму [4], рассчитаем по (14)—(16) безразмерные давление и импульс положительной фазы ВВВ:

$$P_{X1} = \left(\frac{u_{\text{фр}}}{u_{\text{зв}}} \right)^2 \cdot \left(\frac{\sigma - 1}{\sigma} \right) \cdot \left(\frac{0,83}{R_X} - \frac{0,14}{R_X^2} \right); \quad (14)$$

$$I_{X1} = W \cdot (1 - 0,4 \cdot W) \cdot \left(\frac{0,06}{R_X} + \frac{0,01}{R_X^2} - \frac{0,0025}{R_X^3} \right); \quad (15)$$

$$W = \frac{u_{\text{фр}}}{u_{\text{зв}}} \cdot \left(\frac{\sigma - 1}{\sigma} \right), \quad (16)$$

где σ — степень расширения продуктов сгорания, для паровоздушных смесей допускается принимать

равной 7. Результаты расчетов этих параметров: $P_{X1} = 2,28$; $I_{X1} = 0,125$.

Значения параметров взрывной волны в размерной форме согласно [4] могут быть получены с помощью соотношений (17) и (18):

$$\Delta P = P_{X1} \cdot P_0; \quad (17)$$

$$I^+ = I_{X1} \cdot P_0^{2/3} \cdot \frac{\sqrt[3]{E}}{u_{зв}}. \quad (18)$$

Вычисления в MATLAB дали следующие значения:

а) избыточное давление BBB: $\Delta P = 230\ 300$ Па;

б) импульс фазы сжатия BBB: $I^+ = 1307$ Па · с.

Как известно, воздействие воздушной взрывной волны на человека, находящегося на открытой местности, чревато несколькими видами поражений:

а) поражением легких с возможным летальным исходом;

б) метательным действием — отбрасыванием тела человека, в результате которого человек может удариться головой или всем телом о твердую поверхность и погибнуть;

в) воздействием на барабанную перепонку, вызывающим глухоту.

Нормативная методика [4] не вдается в такие тонкости, прогнозирование ущерба при рассматриваемом сценарии аварии в вероятностной постановке она рекомендует выполнять с помощью пробит-функции. Для воздействия (не уточняется, какого именно — смертельного или нет) BBB на человека, находящегося вне здания, приведены формулы для пробит-функции:

$$Pr = 5,0 - 5,74 \cdot \ln S, \quad (19)$$

$$\text{где } S = \frac{4,2}{P_{X1}} + \frac{1,3}{\bar{i}}; \quad (20)$$

$$\bar{i} = \frac{I^+}{P_0^{1/2} \cdot m^{1/3}}, \quad (21)$$

где m — масса тела человека, кг, которую допускается приравнять к 70 кг.

Интересно отметить, что в Руководстве по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» [17],

утвержденном Ростехнадзором в 2015 году, выражением (19) оценивается вероятность наступления у человека состояния нокдауна (временной потери управляемости) после воздействия на него взрывной волны.

Результат точечного расчета в консервативной постановке:

$$S = 3,11; Pr = -1,51.$$

Условная вероятность поражения человека взрывной волной объемного взрыва по известному значению Pr может быть рассчитана с помощью стандартной функции ошибок:

$$P(Pr) = 0,5 \cdot \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{Pr - 5}{\sqrt{2}} \right) \right]. \quad (22)$$

Результат расчета: $\text{Prob} = 3,7 \cdot 10^{-11}$.

Столь малая величина условной вероятности поражения вызывает недоумение с учетом величины массы паров ЛВЖ в пределах ПВО более 700 кг, второго класса взрывного превращения и нахождения человека всего в восьми метрах от эпицентра взрыва (фактически внутри паровоздушного облака)!

В качестве альтернативы оценим условную вероятность смертельного поражения человека вследствие динамического действия BBB («взрывного ветра»), из-за которого тело пострадавшего может быть отброшено с последующим ударом о твердую поверхность. Руководство по безопасности [17] для расчета пробит-функции метательного поражения человека предлагает соотношение

$$Pr_{\text{мет}} = 5,0 - 2,44 \cdot \ln S_{\text{мет}}, \quad (23)$$

$$\text{где } S_{\text{мет}} = \frac{7380 \cdot 10^3}{\Delta P} + \frac{1,3 \cdot 10^9}{\Delta P \cdot I^+}, \quad (24)$$

размерность ΔP — Па, I^+ — Па · с. Результат расчета: $\text{Prob}_{\text{мет}} = 2,1 \cdot 10^{-4}$.

С учетом принятых значений вероятности аварии и условной вероятности рассматриваемого сценария индивидуальный аварийный риск для персонала $R_{\text{инд}} = 4,26 \cdot 10^{-9}$ год⁻¹.

Итак, нами получена точечная оценка индивидуального риска (с учетом только одного сценария!) при наиболее неблагоприятных значениях следующих параметров задачи: температуры атмосферного воздуха, количества ЛВЖ в резервуаре, величины

скорости фронта ВВВ, дислокации человека относительно эпицентра взрыва.

Точечный расчет в усредненной постановке. Повторим все вычисления, приписав всем интервальным параметрам значения, равные серединам соответствующих интервалов. Результаты расчета отражены в итоговой табл. 2, приведем здесь только наиболее важные оценки:

а) условная вероятность смертельного поражения человека из-за метательного действия взрыва:

$$\text{Prob}_{\text{мет}} = 1,6 \cdot 10^{-13};$$

б) индивидуальный аварийный риск:

$$R_{\text{инд}} = 3,1 \cdot 10^{-18} \text{ год}^{-1},$$

которые *очень существенно* (примерно в миллиард раз) отличаются в меньшую сторону от значений, полученных ранее в консервативной постановке.

2.2. Интервальный расчет индивидуального аварийного риска

2.2.1. Естественный (наивный) метод интервального расчета

На следующем этапе с учетом наличия неопределенности у ряда параметров перейдем к выполнению интервальных расчетов. Сначала все расчеты выполним средствами простой интервальной арифметики, которая является естественным интервальным расширением (natural interval extention) классического математического анализа. Мы будем называть его *естественным* (ранее его еще именовали *наивным*) интервальным методом. При выполнении расчетов в данной постановке не предпринимаются специальные меры по сужению интервальных результатов:

а) не минимизируется неоднократное вхождение одного и того же параметра в расчетное соотношение;

б) не учитывается наличие связей между параметрами (в частности, зависимости многих из них от температуры).

Согласно расчету в INTLAB объем V_0 ЛВЖ в резервуаре на момент аварии с учетом начальной массы m_0 и плотности $\rho_{\text{ж}}$ составляет $V_0 \in [39,9; 278,3] \text{ м}^3$, а начальный уровень h_0 при площади основания РВС-300, равной $45,1 \text{ м}^2$, является интервалом $h_0 \in [0,88; 6,2] \text{ м}$.

Следует отметить, что существенный перелив через обвалование возможен лишь при условии $h_0 > h_{\text{об}}$, поэтому интервал начального уровня h_0 следует разбить на два подынтервала:

а) $h_{01} \in [0,88; 2,7] \text{ м}$ — перелив очень незначителен, площадь пролива равна площади обвалования, $S_{\text{пр1}} = \pi \cdot R_{\text{об}}^2 = 167,0 \text{ м}^2$;

б) $h_{02} \in [2,7; 6,2] \text{ м}$ — площадь пролива рассчитывается по (6), $S_{\text{пр2}} \in [247; 1438] \text{ м}^2$.

В качестве обобщенной площади пролива примем величину интервальной оболочки $S_{\text{пр}} = \text{hull}(S_{\text{пр1}}, S_{\text{пр2}})$, $S_{\text{пр}} \in [167; 1438] \text{ м}^2$ (интервальной оболочкой множества S называется интервальный объект, наилучшим образом приближающий извне (т.е. объемлющий) рассматриваемое множество). Иначе говоря, это пересечение всех интервальных векторов (матриц), содержащих S [9]. Например, если $a = [-1,2; 3,5]$, $b = [2,1; 6,7]$, то $\text{hull}(a, b) = [-1,2; 6,7]$.

Давление насыщенных паров диизопропилового эфира в диапазоне температур $T_{\text{в}}$, рассчитанное по уравнению Антуана $P_{\text{н}} \in [2,8; 14,8] \text{ кПа}$.

При максимальной продолжительности испарения 3600 с получаем величину массы паров ЛВЖ в ПВО $m_{\text{п}} \in [17,2; 774,2] \text{ кг}$.

С учетом принятых нами значений молярной массы диизопропилового эфира и диапазона температур получаем оценку плотности его паров $\rho_{\text{п}} \in [4,31; 4,82] \text{ кг/м}^3$. Далее габариты паровоздушного облака, аппроксимированного цилиндром:

а) радиуса ПВО: $R_{\text{НКПР}} \in [10,9; 40,3] \text{ м}$;

б) высоты ПВО: $Z_{\text{НКПР}} \in [0,36; 1,34] \text{ м}$.

Средняя концентрация паров в ПВО, рассчитываемая делением массы паров на объем цилиндра при прямом расчете, дает значение в очень широком диапазоне $C_{\text{п}} \in [0,0025; 5,69] \text{ кг/м}^3$.

Расчет средней объемной концентрации паров в облаке по (11) дал следующую оценку: $C_{\text{по}} \in [0,05; 131] \text{ об. \%}$. Очевидно, что ширина полученного интервала $C_{\text{по}}$ весьма переоценена, поскольку верхняя его граница превышает 100%, что не имеет физического смысла. Таким образом, здесь естественный интервальный расчетный метод в первый раз дал сбой. Исправим полученный интервал, выполнив отсечку сверху: $C_{\text{по}} \in [0,05; 100] \text{ об. \%}$. Большая его часть лежит правее значения $C_{\text{ст}}$ для диизопропилового эфира.

Следовательно, с учетом нестроого неравенства первого уравнения (ПЗ.36) [3] этот интервал следует разбить на две части:

а) $C_{\text{но1}} \in [0,05; 2,24]$ об. %;

б) $C_{\text{но2}} \in [2,24; 100,0]$ об. %.

Массы паров $m_{\text{п1,2}}$ ПВО могут быть рассчитаны по уравнению Менделеева — Клапейрона:

$$m_{\text{п1,2}} = \frac{C_{\text{но1,2}} \cdot \mu \cdot P_0 \cdot V_{\text{ПВО}}}{100 \cdot R \cdot T_{\text{в}}}. \quad (25)$$

Прямая подстановка численных значений в (25) дала следующие результаты:

а) $m_{\text{п1}} \in [0,3; 746,9]$ кг;

б) $m_{\text{п2}} \in [13; 33\ 345]$ кг.

Результат расчета вновь неудовлетворителен, поскольку существенная часть второго интервала выходит за рамки полученного ранее интервала массы $m_{\text{п}}$ паров в облаке. Данный негативный эффект обусловлен неоднократным вхождением расчетных параметров в (25).

Продолжим интервальный расчет в его наиболее простой естественной версии, искусственно положив $m_{\text{п1,2}} = m_{\text{п}}$.

Для оценки эффективного энергетического потенциала ПВО воспользуемся обоими соотношениями (ПЗ.36 [4]) с учетом того обстоятельства, что плотность паров ЛВЖ превышает плотность воздуха, результат расчета $E \in [0,003; 5,59] \cdot 10^9$ Дж.

Полученная интервальная оценка параметра Сакса $R_X \in [0,2; 4,3]$. С учетом требования [4] нижнюю границу интервала R_X следует откорректировать: $R_X \in [0,34; 4,3]$.

Далее результаты расчета безразмерных параметров взрыва вновь разочаровали, поскольку получены не имеющие физического смысла отрицательные значения:

$$P_{X1} \in [-1,89; 4,5] \text{ и } I_{X1} \in [-0,043; 0,23].$$

На этом, в принципе, естественный интервальный расчет можно было бы остановить в третий раз. Искусственно отсечем эти области отрицательных значений, одновременно не допустив появления в знаменателе правой части (24) нульсодержащих интервалов, положив:

$$P'_{X1} \in [0,001; 4,5]; I'_{X1} \in [0,001; 0,23].$$

После этого расчет в INTLAB параметров взрывной волны в размерной форме дал следующие значения:

а) избыточное давление BVB

$$\Delta P \in [1000; 455\ 630] \text{ Па};$$

б) импульс фазы сжатия BVB

$$I^+ \in [0,8; 2616,5] \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Продолжая интервальный расчет в естественной постановке, получаем на следующем шаге очень широкие интервалы:

а) параметр $S \in [1,5; 6100]$;

б) пробит-функция $\text{Pr} \in [-45,0; 2,37]$;

в) условная вероятность Prob воздействия взрывной волны на персонал, оцененная по нормативной методике [4]:

$$\text{Prob} \in [0,0; 0,0042];$$

г) условная вероятность гибели персонала из-за метательного действия взрывной волны

$$\text{Prob}_{\text{мет}} \in [0,0; 0,4];$$

д) индивидуальный аварийный риск для персонала вследствие метательного действия взрыва

$$R_{\text{инд}} \in [0,0; 8,05 \cdot 10^{-6}] \text{ год}^{-1}.$$

Подытоживая, следует заключить, что интервальный расчет в его естественной версии в некоторых случаях не позволяет выполнить оценку целевых метрик аварийного риска.

2.2.2. Интервальный расчет с принятием специальных мер

Покажем, как специальные меры, перечисленные выше, позволяют существенно улучшить качество интервальных оценок метрик аварийного риска.

С целью ликвидации терминологической неопределенности условимся считать:

а) средней скоростью ветра — скользящее среднее, полученное по измерениям в атмосфере на высоте 10 м с осреднением 20 мин;

б) средней концентрацией горючего вещества в паровоздушном облаке — среднее, полученное осреднением за 2 мин.

Модельную неопределенность будем считать минимизированной, поскольку все расчеты бу-

дуг выполняться исключительно с использованием нормативной методики [4] (хотя все сказанное выше, в разделе 1, остается в силе).

На завершающем этапе неопределенность целевой метрики риска может быть уменьшена с учетом имеющейся статистически устойчивой информации о параметрах природно-эксплуатационной группы: а) о дислокации персонала в зоне поражения; б) исходной массе m_0 ЛВЖ в резервуаре.

Вычислительная неопределенность в рамках рассматриваемой задачи обусловлена:

1) неоднократным вхождением ряда параметров в некоторые расчетные соотношения (например, при расчете средней концентрации паров в паровоздушном облаке). Простейшие математические преобразования в ряде подобных случаев позволяют резко подавлять эффект паразитного уширения интервала результата;

2) зависимостью таких параметров задачи, как давление насыщенного пара ЛВЖ P_n , плотности жидкой $\rho_{ж}$ и паровой ρ_n фаз ЛВЖ от температуры T_v . С целью минимизации данного негативного явления может быть рекомендован следующий способ: интервал параметра, являющегося аргументом (в рассматриваемом случае T_v), может быть разбит на достаточно большое число подынтервалов T_{vj} ($j = 1, 2, \dots, N$). Таким образом, интервальные параметры (независимый T_v и зависимые — P_n , $\rho_{ж}$ и ρ_n) окажутся представленными интервальными векторами (брусами). При этом компоненты брусков P_{nj} , $\rho_{жj}$ и ρ_{nj} будут рассчитаны по известным зависимостям $P_n(T)$, $\rho_{ж}(T)$ и $\rho_n(T)$ для каждого подынтервала T_{vj} . В качестве результата для каждой из них следует принять интервальную оболочку $\text{hull}(R_{Xj})$, $j = 1, 2, \dots, N$.

Исследуем применение данных мер поэтапно.

Подавление эффекта неоднократного вхождения параметров. На первом этапе уменьшим вычислительную неопределенность, заметив, что при расчете средней концентрации паров диизопропи-

лового эфира внутри ПВО по соотношению (10) интервальные параметры m_n , ρ_n , $C_{\text{НКПР}}$, T_v входят в него неоднократно. Полученная в ходе естественного интервального расчета по (10) оценка может быть значительно улучшена исключением их повторного вхождения:

$$C_n = \frac{m_n \cdot \rho_n \cdot C_{\text{НКПР}}}{7,8^2 \cdot 0,26 \cdot 3,14 \cdot m_n} = \frac{\rho_n \cdot C_{\text{НКПР}}}{49,69} \quad (26)$$

Результат расчета по (26)

$$C_n \in [0,11; 0,126] \text{ кг/м}^3$$

существенно уже прежней оценки

$$C_n \in [0,0025; 5,69] \text{ кг/м}^3.$$

Аналогично поступим, модифицируя соотношение (15) при расчете безразмерного импульса взрыва, исключая повторное вхождение в формулу параметра W :

$$I_{x1} = \frac{1}{R_x} \cdot (0,625 - 0,4 \cdot (W - 1,25)^2) \cdot \left(0,06 + \frac{0,01}{R_x} - \frac{0,0025}{R_x^2} \right). \quad (27)$$

Относительно R_x подобное простое преобразование выполнить не удастся, поэтому воспользуемся приемом Раймона Мура, разбивая интервал R_x на M подынтервалов, а затем вычисляя их интервальные оболочки. Покажем, как результат вычислений зависит от M , на примере безразмерного избыточного давления взрыва (табл. 1).

Анализ табл. 1 показывает, что сужение интервала происходит в основном за счет уменьшения его верхней границы, причем после $M = 5000$ изменения происходят только в третьем знаке после запятой. Таким образом, при $M = 5000$ достигнута точность, вполне достаточная для инженерных приложений.

Следует отметить, что использованный нами простой метод Р. Мура очень затратен в плане потребного машинного времени. В интервальном анализе достаточно давно разработаны значительно более эффективные методы поиска области значений интервальных функций [9], имеются специ-

Зависимость результата вычислений P_x от числа подынтервалов

Таблица 1

Число M	10	50	100	500	1000	5000	10 000
P_x	[0,36; 3,18]	[0,36; 2,52]	[0,36; 2,40]	[0,36; 2,31]	[0,36; 2,29]	[0,36; 2,28]	[0,36; 2,28]

альные программные коды, позволяющие решать эту проблему. Видимо, исследованию этих методов следует посвятить отдельную работу, в данной же статье на первый план нами вынесен именно методический аспект проблемы.

Аналогичным способом рассчитаем безразмерные параметры взрывной волны. Результаты расчета таковы:

- избыточное давление взрыва $P_{X1} \in [0,36; 2,28]$;
- импульс положительной фазы $I_{X1} \in [0,026; 0,124]$.

Полученные оценки параметров: 1) $S \in [3,06; 33,69]$ и 2) $Pr \in [-15,19; -1,42]$ также значительно сужены относительно их «наивных» оценок.

Рассчитанный интервал условной вероятности поражения $Prob \in [0,0; 6,72 \cdot 10^{-10}]$.

Условная вероятность гибели персонала из-за метательного действия взрывной волны $Prob_{мет} \in [0,0; 3,0 \cdot 10^{-4}]$.

Окончательно интервальная оценка индивидуального аварийного риска для персонала вследствие метательного действия взрыва $R_{инд} \in [0,0; 6,13 \cdot 10^{-9}] \text{ год}^{-1}$ значительно уже результата естественного интервального расчета.

Таким образом, нивелирование эффекта неоднократного вхождения параметров интервальной природы в расчетные соотношения позволило резко улучшить результаты расчета метрик риска.

Учет эффекта взаимозависимости параметров. На втором этапе дополнительно уменьшим вычислительную неопределенность, обратив внимание на зависимость ряда параметров задачи (P_n , $\rho_{ж}$ и ρ_n) от температуры атмосферного воздуха T_b . Разобьем интервал $T_b \in [261; 292]$ К на 31 подынтервал шириной 1 К.

Дополнительная польза подобного разбиения заключается в том, что оно дает возможность выполнять расчеты более дифференцированно для теплого ($T_b > 273,15$ К) и холодного периодов года. Так, появляется возможность учесть наличие в холодный период года снежного покрова, благодаря которому площадь пролива равна площади обвалования независимо от возможности перелива.

В результате учета вышеперечисленных обстоятельств на данном этапе получено некоторое улучшение интервальных оценок метрик риска (не столь радикальное, как на предыдущем): например, для

среднеобъемной концентрации паров в пределах ПВО получена оценка $C_{по} \in [2,59; 2,61]$ об. %, которая несколько сужена относительно прежней $C_{по} \in [2,32; 2,91]$ об. %. То же касается энергетического потенциала ПВО ($E \in [0,11; 4,83] \cdot 10^9$ Дж вместо $E \in [0,095; 5,38] \cdot 10^9$ Дж) и параметра Сакса ($R_X \in [0,34; 1,28]$ вместо $R_X \in [0,34; 1,32]$).

Метод расчета безразмерных параметров взрыва не отличается от использованного на предыдущем этапе, результаты представлены ниже (нижние границы чуть улучшены за счет лучшей величины параметра Сакса):

- избыточное давление взрыва: $P_{X1} \in [0,38; 2,28]$ вместо $P_{X1} \in [0,36; 2,28]$;
- импульс положительной фазы: $I_{X1} \in [0,027; 0,125]$ вместо $I_{X1} \in [0,026; 0,125]$.

Интервал пробит-функции поражения человека взрывной волной: $Pr \in [-14,84; -1,51]$, было $Pr \in [-15,19; -1,42]$.

Рассматривая метательное действие взрыва, получаем оценку гибели персонала:

- условная вероятность смертельного поражения: $Prob_{мет} \in [0,0; 2,18 \cdot 10^{-4}]$ вместо $[0,0; 3,0 \cdot 10^{-4}]$;
- индивидуальный аварийный риск: $R_{инд} \in [0,0; 4,37 \cdot 10^{-9}]$ вместо $[0,0; 6,1 \cdot 10^{-9}] \text{ год}^{-1}$.

Учет имеющейся информации о поведении величины параметров внутри интервалов. На третьем этапе интервальных вычислений неопределенность метрик риска может быть значительно уменьшена, если имеется надежная статистически устойчивая информация о распределении величины параметров внутри интервалов их изменений.

Применительно к рассматриваемой задаче предположим, что достоверно известно следующее:

1) 20% времени ($P_{X1} = 0,2$) персонал находится на удалении $X_1 \in [8, 10]$ м от центра резервуара, 70% времени ($P_{X2} = 0,7$) — на расстоянии $X_2 \in [10, 13]$ м, оставшиеся 10% времени ($P_{X3} = 0,1$) — на удалении $X_3 \in [13, 15]$ м;

2) согласно эксплуатационной документации на резервуар масса m_0 ЛВЖ в нем: а) в течение 20% времени $m_{01} \in [30\ 000, 100\ 000]$ кг; б) 50% времени — $m_{02} \in [100\ 000, 170\ 000]$ кг и в) 30% времени — $m_{03} \in [170\ 000, 200\ 000]$ кг.

Запишем эти входные параметры задачи в матричной форме: $m_0 = [m_{01}, m_{02}, m_{03}; P_{01}, P_{02}, P_{03}]$ и $X = [X_1, X_2, X_3; P_{X1}, P_{X2}, P_{X3}]$. Идея метода заключается

в том, что при вычислении интервальной оболочки находят крайние точки области значений величины (наименьшее и наибольшее). Очевидно, что для класса монотонных функций (а используемые в области оценки риска функции являются таковыми) эти «маргинальные» значения определяются границами относительно редких подынтервалов X_j и m_{0j} , т.е. тех, чьи вероятности малы. В предположении о статистической независимости m_{0i} и X_j справедливо положить, что $P_{ij} = \text{Вероятность}(\Delta P_{ij} \text{ или } I_{ij}^+) = P_{0i} \cdot P_{Xj}$. В рассматриваемом примере матрица вероятностей P_{ij} :

0.0400	0.1400	0.0200
0.1000	0.3500	0.0500
0.0600	0.2100	0.0300

Теперь переопределим элементы интервальных матриц безразмерного избыточного давления и импульса, приняв, что $P_{x1ij} = \text{infsup}(\text{mid}(P_{x1}), \text{mid}(P_{x1}))$ и $I_{x1ij} = \text{infsup}(\text{mid}(I_{x1}), \text{mid}(I_{x1}))$, если

$P_{ij} < 0,2 \cdot \max(P_{ij})$. Иначе говоря, интервальные значения тех элементов матриц, чьи вероятности меньше 20% от максимального элемента матрицы P_{ij} , приравниваются к середине интервалов P_{x1} и I_{x1} , которые являются интервальными оболочками матриц P_{x1ij} и I_{x1ij} соответственно. После этого вновь выполняется операция вычисления интервальных оболочек переопределенных матриц P_{x1ij} и I_{x1ij} .

Как показано в табл. 2, этот метод позволил несколько уменьшить ширину интервальных параметров (безразмерных избыточного давления P_{x1} и импульса взрыва I_{x1}).

Результаты всех вычислений сведем в итоговую табл. 2.

Заключение

Анализ итоговой таблицы показывает, что интервальные методы расчета риска позволяют учитывать и оперировать с неопределенностью, присутствующей параметрам задачи. В результате вычислений метрики аварийного риска в интервальной поста-

Результаты расчета параметров задачи различными методами

Таблица 2

Параметр	Точечный расчет		Интервальный расчет			
	в консервативной постановке	усредненный	естественный (наивный)	с минимизацией повторного вхождения параметров	с учетом взаимозависимости параметров	с учетом информации о поведении параметра внутри интервала
Плотность жидкой фазы ЛВЖ, кг/м ³	752,2	735,4	[718,7; 752,2]	[718,7; 752,2]	[718,7; 752,2]	[718,7; 752,2]
Площадь пролива, м ²	1438	568,3	[167; 1438]	[167; 1438]	[167; 1438]	[167; 1438]
Давление насыщенного пара, кПа	14,8	6,8	[2,8; 14,8]	[2,8; 14,8]	[2,8; 14,8]	[2,8; 14,8]
Масса паров ЛВЖ в ПВО, кг	774,1	141,3	[17,2; 774,2]	[17,2; 774,2]	[17,2; 774,2]	[17,2; 774,14]
Средняя концентрация паров ЛВЖ в ПВО, кг/м ³	0,11	0,12	[0,0025; 5,69]	[0,11; 0,126]	[0,11; 0,126]	[0,11; 0,126]
Средняя объемная концентрация паров в ПВО, об. %	2,6	2,6	[0,05; 131,06] [0,05; 100,0]	[2,32; 2,91]	[2,59; 2,61]	[2,59; 2,61]
Эффективный энергипотенциал ПВО, Дж	$4,82 \cdot 10^9$	$8,8 \cdot 10^8$	$[0,003; 5,59] \cdot 10^9$	$[0,095; 5,38] \cdot 10^9$	$[0,11; 4,83] \cdot 10^9$	$[0,11; 4,83] \cdot 10^9$
Параметр Сакса	0,34 (0,29)	0,51	[0,34; 4,31]	[0,34; 1,32]	[0,34; 1,28]	[0,34; 1,28]

Окончание табл. 2

Параметр	Точечный расчет		Интервальный расчет			
	в консервативной постановке	усредненный	естественный (наивный)	с минимизацией повторного вхождения параметров	с учетом взаимозависимости параметров	с учетом информации о поведении параметра внутри интервала
Безразмерное избыточное давление	2,28	1,29	[–1,89; 4,51] [0,001; 4,51]	[0,36; 2,28]	[0,38; 2,28]	[0,4; 2,26]
Безразмерный избыточный импульс	0,125	0,082	[–0,043; 0,23] [0,001; 0,23]	[0,026; 0,124]	[0,027; 0,125]	[0,03; 0,11]
Параметр S	3,11	6,63	[1,5; 6100]	[3,06; 33,69]	[3,11; 31,74]	[3,22; 29,2]
Параметр Pr	–1,51	–5,86	[–45,0; 2,37]	[–15,19; –1,42]	[–14,85; –1,51]	[–14,37; –1,72]
Условная вероятность смертельного поражения человека ВВВ по [4]	$3,66 \cdot 10^{-11}$	10^{-16}	[0,0; 0,0042]	[0,0; $6,72 \cdot 10^{-10}$]	[0,0; $3,85 \cdot 10^{-11}$]	[0,0; $8,95 \cdot 10^{-12}$]
Условная вероятность смертельного поражения человека из-за метательного действия ВВВ по [17]	$2,13 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-13}$	[0,0; 0,4]	[0,0; $3,0 \cdot 10^{-4}$]	[0,0; $2,18 \cdot 10^{-4}$]	[0,0; $1,0 \cdot 10^{-4}$]
Индивидуальный аварийный риск, год ^{–1}	$4,26 \cdot 10^{-9}$	$3,1 \cdot 10^{-18}$	[0,0; $8,05 \cdot 10^{-6}$]	[0,0; $6,13 \cdot 10^{-9}$]	[0,0; $4,37 \cdot 10^{-9}$]	[0,0; $2,1 \cdot 10^{-9}$]

новке результат также представлен интервалом, что совершенно естественно и адекватно ситуации с аварийной безопасностью реальных опасных объектов техносферы.

При этом расчеты в классической (естественной) версии интервальной арифметики из-за ее специфических особенностей зачастую не могут быть выполнены должным образом, поскольку приводят к непропорциональному росту ширины интервала результата вычислений. В результате этого, например, под знаком радикала может оказаться интервал с отрицательной областью значений. С методической целью в статье рассмотрены наиболее простые способы преодоления этих отрицательных эффектов интервального анализа. Они проиллюстрированы расчетом аварийного риска условного опасного объекта — склада ЛВЖ. Итоговая табл. 2 демонстрирует, как последовательное применение этих методов позволяет уменьшать ширину рассчитанных интервальных параметров.

Следует указать, что в современном интервальном анализе используются существенно более эффективные способы поиска области значений функции, нежели описанные в данной работе. Повидимому, этой интересной теме следует посвятить отдельную статью.

Укажем, что использование имеющейся информации о поведении ряда параметров задачи внутри их интервалов позволило нам сузить интервал целевой метрики — величины индивидуального аварийного риска.

Литература

1. Колесников Е.Ю. Количественная оценка неопределенности пожарного риска. Сценарий аварии «Пожар пролива ЛВЖ» // Проблемы анализа риска. 2014. Т. 11. № 4. С. 52—66.
2. Колесников Е.Ю. Анализ неопределенности пожарного риска: Монография. Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2014. 204 с.

3. Колесников Е.Ю. Интервально-матричный метод количественной оценки пожарного риска на примере склада жидкого аммиака // Проблемы анализа риска. 2015. Т. 12. № 4. С. 28—41.
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах, утв. Приказом МЧС России от 10.07.2009 № 404 в редакции приказа МЧС России от 14.12.2010 № 649 «О внесении изменений в приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404».
5. World bank technical paper number 55. Techniques for Assessing Industrial Hazards. A Manual. Washington D.C., 1988. 170 p.
6. Guidelines for chemical process quantitative risk analysis. 2-nd ed. AIChE/CCPS, 2000. 744 p.
7. CPR-14E Methods for the calculation of Physical Effects 3rd. ed. The Hague, 2005. 870 p.
8. Moore Ramon E., Baker Kearfott R., Cloud Michael J. Introduction to interval analysis. SIAM, Philadelphia, 2009. 234 p.
9. Шарый С.П. Конечномерный интервальный анализ. Новосибирск: XYZ, 2015. 605 с. <http://www.nsc.ru/interval> (дата обращения 10.12.2015).
10. Хансен Э., Уолстер Дж. У. Глобальная оптимизация с помощью методов интервального анализа. Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотическая динамика. Институт компьютерных исследований, 2012. 516 с.
11. Колесников Е.Ю. К расчету массовой скорости испарения опасных веществ // Проблемы анализа риска. 2011. Т. 8. № 5. С. 86—93.
12. СП 131.13330.2012 Строительная климатология.
13. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справ. изд.: В 2 кн.; кн. 1 / А.Н. Баратов, А.Я. Корольченко, Г.Н. Кравчук и др. М.: Химия, 1990. 496 с.
14. Расчет основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов: Руководство. М.: ВНИИПО, 2002. 78 с.
15. Зверев А.С., Кирюхин Б.В., Кондратьев К.Я и др. Курс метеорологии (физика атмосферы): Учеб. пособие / Под ред. П.Н. Тверского. Л.: Гидрометеиздат, 1951. 888 с.
16. Бабичев А.П., Бабушкина Н.А., Братковский А.М. и др. Физические величины: Справочник / Под. ред. И.С. Григорьева, Е.З. Мейлихова. М.: Энергоатомиздат, 1991. 1232 с.
17. Руководство по безопасности «Методика оценки последствий аварийных взрывов топливно-воздушных смесей» (2015).

Сведения об авторах

Колесников Евгений Юрьевич: кандидат физико-математических наук, доцент кафедры безопасности жизнедеятельности Поволжского государственного технологического университета

Число публикаций: более 80, в том числе монографий, учебников и учебных пособий — 8

Область научных интересов: методология анализа техногенного риска, количественная оценка неопределенности

Контактная информация:

Адрес: 424000, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 3

Тел.: +7 (362) 268-28-76

E-mail: e.konik@list.ru

Колодкин Владимир Михайлович: доктор технических наук, профессор Удмурдского государственного университета, директор Института гражданской защиты

Число публикаций: более 200

Область научных интересов: риск-анализ, информационные технологии

Контактная информация:

Адрес: 426000, г. Ижевск, ул. Родниковая, д. 70, кв. 60

Тел.: +7 (3412) 91-60-85

E-mail: kolodkin@rintd.ru



Подписные издания

Официальный каталог
Почты России

Первое полугодие 2017

**Онлайн-подписка на сайте podpiska.pochta.ru
Подписной индекс журнала «Проблемы анализа риска»
ПЗ448**

УДК 338.245.623.618

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2016

Компенсация факторов неопределенности при обосновании задач радиоэлектронной борьбы в операциях (боевых действиях): методический аспект

А. С. Боев,
Д. М. Бывших,
Ю. Н. Ярыгин,

Военный учебно-научный
центр Военно-воздушных
сил «Военно-воздушная
академия имени профессора
Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина»,
г. Воронеж

Аннотация

Излагается методический подход к решению проблемы учета неопределенностей военного характера при обосновании задач радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Предлагаемый подход базируется на комплексном анализе процессов функционирования системы обоснования задач РЭБ и внешних факторов, затрудняющих формирование релевантного перечня задач РЭБ.

Ключевые слова: задача РЭБ, фактор неопределенности, компенсация неопределенности.

Содержание

Введение

1. Необходимость учета неопределенностей при обосновании перечня задач РЭБ. Основные факторы неопределенности
2. Формальная модель проблемной ситуации
3. Содержание процесса обоснования задач РЭБ в аспекте учета факторов неопределенности
4. Направления компенсации неопределенности при обосновании задач РЭБ
5. Алгоритм обоснования задач РЭБ с учетом факторов неопределенности

Заключение

Литература

Введение

Как показывает практика формирования планов развития системы радиоэлектронной борьбы (РЭБ) ВС РФ и ее системы вооружения, на результаты обоснования этих планов существенное влияние оказывают факторы неопределенности различного характера, объективно существующие независимо от усилий по подготовке исходных данных. Наличие таких факторов обусловлено многовариантным и вероятностным характером многих процессов, определяющих облик системы РЭБ ВС РФ, например фактор случайности процессов мирового научно-технического и технологического развития и совершенствования радиоэлектронных систем и средств военного назначения, изменения политической ситуации, фактор противодействия [1], т.е. преднамеренное создание противником информационного дефицита по своим перспективным системам и средствам.

Это влияние в полной мере проявляется и на этапе обоснования целей и задач, возлагаемых на систему РЭБ (далее по тексту — задач РЭБ), результаты которого имеют первостепенное значение для выработки концепции построения перспективных систем РЭБ объединений (соединений), то есть определения оперативно-стратегических (оперативно-тактических) требований к ним, функциональной и организационной структур.

1. Необходимость учета неопределенностей при обосновании перечня задач РЭБ. Основные факторы неопределенности

В настоящее время задача военно-техничко-экономического обоснования задач РЭБ в операциях (боевых действиях) значительно трансформировалась [2]. Прежняя постановка задачи и существующие способы ее решения уже не обеспечивают разрешения сложившегося противоречия между детерминированным подходом к обоснованию задач РЭБ и возросшей неопределенностью условий их обоснования. Игнорирование этого противоречия приводит к тому, что перечень задач РЭБ, обоснованный для заданного планового периода, не будет адекватен обеспечиваемым задачам Вооруженных сил, тенденциям развития информационно-управляющих систем (ИУС) — объектов РЭБ, а значит, и цели, ради которой создается система РЭБ. Необходимость разрешения этого противоречия дает основание признать актуальность решения проблемы совершенствования методического подхода к обоснованию задач РЭБ в операциях (боевых действиях) в направлении учета и компенсации действия факторов неопределенности (ФН) [3].

Проявление неопределенности при обосновании задач РЭБ в операциях (боевых действиях) в первую очередь связано с отдаленностью предполагаемого времени их выполнения и нечеткостью представлений об условиях их выполнения. При обосновании перспектив развития и способов применения вооружения и военной техники (ВВТ) традиционно учитывают ФН различного характера, такие как политический, оперативно-стратегический (оперативно-тактический), военно-технический, технологический, нормативно-правовой, социальный, организационный, финансово-экономиче-

ский, географический и др. [1]. В настоящей статье область анализа ограничена факторами оперативно-тактического, военно-технического и технико-технологического характера.

В зависимости от сферы возникновения ФН можно разделить на внешние и внутренние. К внешним относятся факторы, обусловленные причинами, не связанными непосредственно с системой обоснования задач РЭБ. К внутренним относятся факторы, появление которых обусловлено процессом функционирования самой системы обоснования. Система обоснования S_o создается для обоснования задач РЭБ в операциях (боевых действиях). В ее состав включается все то, что непосредственно влияет на достижение желаемого результата: ресурсы (вещественные, научно-методические, информационные, людские, временные, коммуникационные и др.), управление — лица, распоряжающиеся ресурсами, среди которых выделяется основной распорядитель — лицо, принимающее решения (ЛПР). Как отмечено ранее, в настоящей статье рассматриваются вопросы совершенствования преимущественно научно-методического обеспечения системы обоснования в интересах снижения негативного влияния внешних ФН.

Перед системой обоснования ставится следующая задача. Для заданного планового периода, спрогнозированных оперативно-стратегических (оперативно-тактических) условий применения ВС РФ, целевой установки заказчика на развитие системы РЭБ, прогнозируемых уровней развития техники РЭБ определить (уточнить) рациональные задачи РЭБ, возлагаемые на систему РЭБ, позволяющие достичь ее наибольшей эффективности при обеспечении выполнения задач Вооруженными силами, с учетом действия факторов неопределенности и ограничений на затраты ресурсов различного рода.

2. Формальная модель проблемной ситуации

В интересах решения сформулированной задачи необходимо представить формальную модель проблемной ситуации. Для этого вводятся следующие обозначения:

Θ_{Ao} — целевая установка для обоснования задач РЭБ;

Λ — множество факторов, влияющих на принятие решения;

G — множество обеспечиваемых задач своих войск (сил);

U — множество альтернативных вариантов задач РЭБ на множестве G ;

Y — вектор частных показателей задач РЭБ;

H — модели, ставящие в соответствие множеству альтернативных вариантов задач РЭБ U и факторов Λ множество частных показателей $Y(U, \Lambda)$;

W — обобщенный показатель эффективности обоснования задач РЭБ;

Ψ — оператор свертки частных показателей Y в значение показателя W ;

K — критерий эффективности обоснования;

P — модель предпочтений ЛПР на элементах множества $D = \{G, \Lambda, U, Y, W, K\}$;

Θ — остальная информация о проблемной ситуации.

Тогда модель проблемной ситуации представляется в виде системы

$$\langle \Theta_{Ao}, \Lambda, G, U, Y, H, \Psi, W, K, P, \Theta \rangle. \quad (1)$$

Цель обоснования Θ_{Ao} , сформулированная на естественном языке, задается заказчиком.

С позиций компенсации неопределенностей задачу совершенствования системы обоснования можно формализовать в следующем виде.

Найти

$$N^* = \arg \max_{N \subset N^v} W(N, \Lambda, G, U, Y, H, \Psi, K, P, \Theta), \quad (2)$$

при $r(N) \leq Rp$,

где N^v — множество возможных направлений совершенствования системы обоснования в целях компенсации неопределенностей;

N — множество реализуемых направлений компенсации неопределенностей;

N^* — множество направлений компенсации неопределенностей, обращающих целевую функцию W в максимум;

$r(N)$, Rp — ресурсы, необходимые для реализации выбранных направлений, и располагаемые ресурсы соответственно.

Компонент Λ включает в себя оперативно-стратегический (оперативно-тактический), военно-технический и технико-технологический факторы неопределенности.

Влияние оперативно-стратегического (оперативно-тактического) фактора проявляется через пересмотр системы военных угроз России, формирование новых взглядов на виды и интенсивность возможных военных конфликтов, изменения в системе форм применения ВС РФ, появление новых задач своих войск (сил) и т.п. При определении задач РЭБ этот фактор является главенствующим.

Влияние военно-технического фактора проявляется через необходимость учета перспектив развития ВВТ противника, его информационно-управляющих систем, уровня развития своей техники РЭБ.

Технико-технологический фактор ограничивает достоверность прогноза по научно-техническому и технологическому заделу в области РЭБ, применяемым конструктивным, техническим и технологическим решениям.

3. Содержание процесса обоснования задач РЭБ в аспекте учета факторов неопределенности

Процесс обоснования задач РЭБ в операциях (боевых действиях) охватывает деятельность субъектов системы обоснования на различных уровнях исследований. Обычно фиксируются три основных уровня исследований, это, во-первых, концептуальный уровень — «Группировка войск (сил) и выполняемые ею задачи», во-вторых, заданный уровень — «Система РЭБ, задачи РЭБ» и, в-третьих, детальный уровень — «Техника (комплексы и средства) РЭБ».

На концептуальном уровне задачи РЭБ рассматриваются с точки зрения обеспечения действий войск (сил) в различных формах их применения. Он формируется для вскрытия целей РЭБ в операциях (боевых действиях), определения требуемой эффективности ведения РЭБ, проверки соответствия задач РЭБ концепции и общим тенденциям развития и применения Вооруженных сил, группировок войск (сил) и предъявляемым к ним требованиям. На этом уровне проводится анализ оперативно-стратегического (оперативно-тактического) фактора.

На заданном уровне задачи РЭБ рассматриваются как военно-техническая категория. На нем осуществляются их генерация, формирование требуемых параметров (объекты РЭБ, объем, время выполнения, эффективность) и оценка возможности их достижения с учетом информации, поступа-

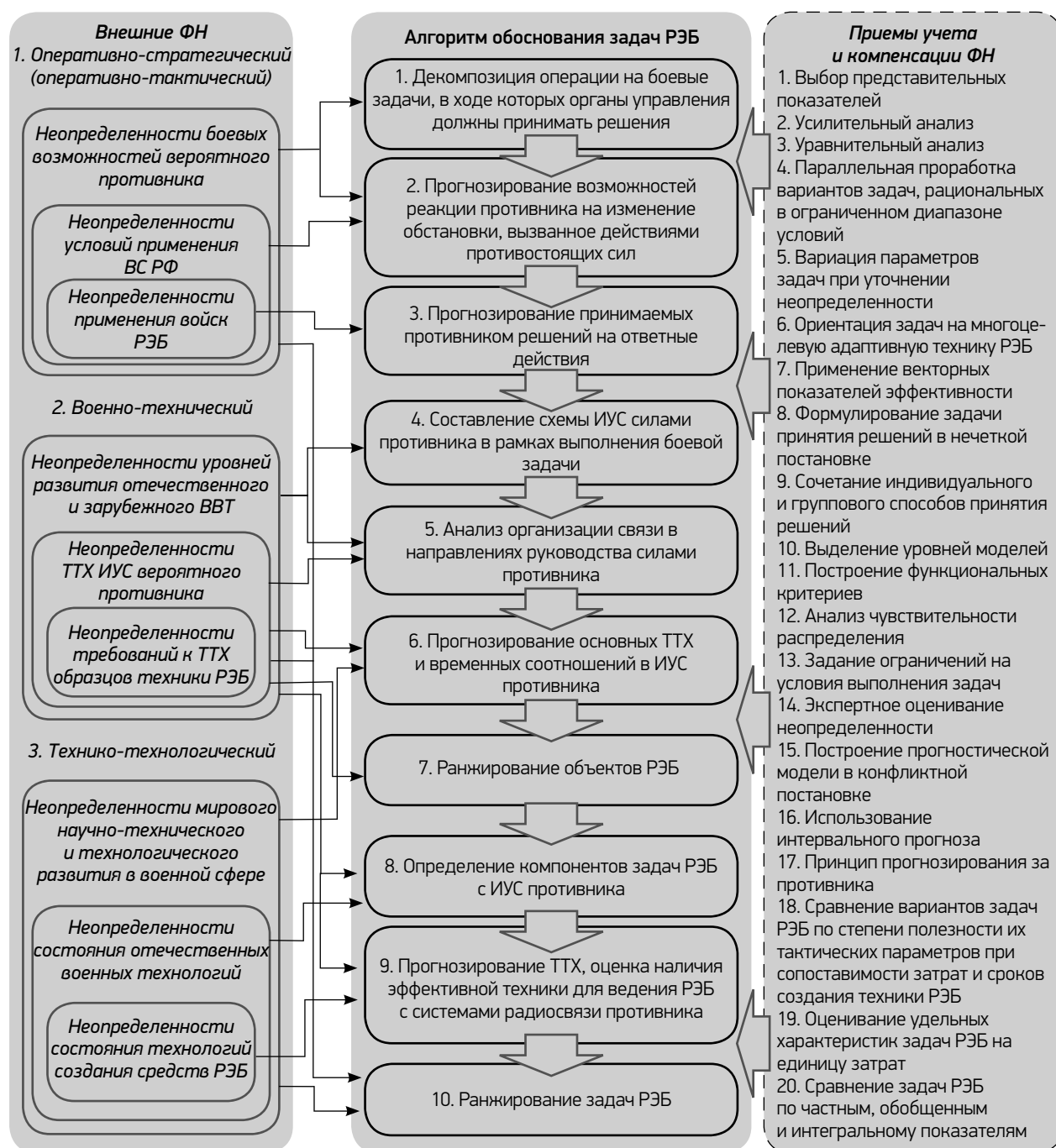


Рис. 1. Действие ФН при обосновании задач РЭБ и приемы их учета и компенсации

ющей с выше- и нижележащего уровней. Учитывается военно-технический ФН.

На нижележащем детальном уровне задачи РЭБ рассматриваются с позиций технико-технологических возможностей их выполнения, а также в аспекте их ожидаемой ресурсоемкости и обеспеченности техникой РЭБ в заданный плановый период. Концептуальную согласованность всех действий по обоснованию задач РЭБ обеспечивает ЛПР.

Пример действия субъектов системы обоснования на различных уровнях исследований при обосновании задач РЭБ в целях дезорганизации управления противника приведен на рис. 1.

4. Направления компенсации неопределенности при обосновании задач РЭБ

Под направлением компенсации ФН при обосновании задач РЭБ понимается деятельность субъектов системы обоснования под руководством ЛПР, сочетающая применение соответствующего методического обеспечения на этапе обоснования с приемами учета и устранения неопределенности, в целях повышения степени соответствия результата обо-

снования задач РЭБ целевой установке заказчика, внешним и внутренним условиям.

Эффективность предлагаемых направлений компенсации оценивалась путем анализа их возможного вклада в снижение влияния ФН и важности этапов обоснования в аспекте формирования адекватного перечня задач РЭБ с применением метода анализа иерархий [4]. Рассматривались три слоя (рис. 2): слой этапа обоснования, на котором путем взаимных сопоставлений оценивалась важность этапа с позиций выработки достоверного перечня задач РЭБ; слой ФН, на котором проводилось попарное сравнение степени влияния ФН на достоверность информации, получаемой на этапах обоснования; слой направлений компенсации, на этом уровне оценивался относительный вклад каждого из направлений в снижение влияния каждого ФН.

Свертка [4] полученных на каждом этапе коэффициентов важности направлений N_i и каждого из показателей $\mathcal{E}_p, F_i$ в обобщенный показатель E позволила дать количественную оценку эффективности предлагаемых направлений в аспекте достижения конечной цели — обоснования достоверного перечня задач РЭБ. Так, проведенный анализ показал

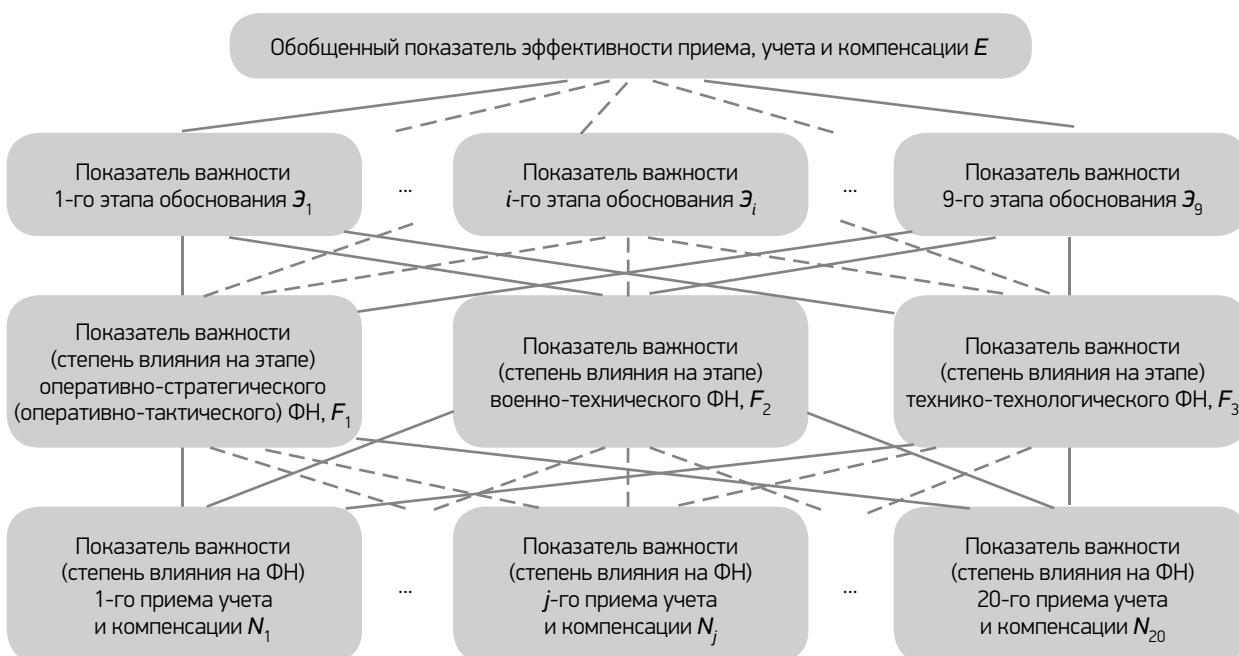


Рис. 2. Иерархия показателей для оценки эффективности приемов учета и компенсации ФН

Действия субъектов системы обоснования по реализации направлений компенсации факторов неопределенности при обосновании задач РЭБ**Таблица**

Направление компенсации ФН	Вид неопределенности	Действия субъектов системы обоснования	Приемы учета и устранения неопределенности
1. Компенсация ФН на этапе постановки задачи	Поведенческая, природная, личностная, целевая	Использование накопленного опыта обоснования задач РЭБ. Анализ информации с разных системных уровней исследования. Структуризация исходной информации на основе создания базы данных и базы знаний в предметной области обоснования задач РЭБ. Анализ исходной информации на неопределенность. Проверка задач на чувствительность к изменению ФН. Выявление и измерение предпочтений ЛПР. Изучение психологических особенностей принятия решений субъектами системы обоснования	Выбор представительных показателей. Усилительный анализ. Уравнительный анализ. Параллельная проработка вариантов задач, рациональных в ограниченном диапазоне условий. Вариация параметров задач при уточнении неопределенности. Ориентация задач на многоцелевую адаптивную технику РЭБ. Применение векторных показателей эффективности. Формулирование задачи принятия решений в нечеткой постановке. Сочетание индивидуального и группового способов принятия решений.
2. Компенсация ФН на этапе оценивания эффективности моделирования	Вероятностная (в т. ч. субъективная), статистическая, неопределенность уверенности	Установление зависимости параметров задач РЭБ от ФН. Организация работы экспертных групп и обработки заключений. Подбор экспертов. Оценка их компетентности. Разработка анкет. Обработка и анализ результатов ранжирования. Оценивание достоверности прогноза. Выработка гибко ориентированных решений на основе динамических моделей	Выделение уровней моделей. Построение функциональных критериев. Анализ чувствительности распределения. Задание ограничений на условия выполнения задач. Экспертное оценивание неопределенности. Построение прогностической модели в конфликтной постановке. Использование интервального прогноза. Принцип прогнозирования за противника.
3. Компенсация ФН на этапе выбора рационального варианта задач РЭБ	Природная, личностная, субъективная	Анализ устойчивости принятого решения по рациональному варианту задач РЭБ в диапазоне условий выполнения. Выбор задач РЭБ, нацеленных на создание многофункциональной техники РЭБ. Ранжирование задач РЭБ. Выбор приоритетных задач РЭБ. Интерпретация полученных результатов	Сравнение вариантов задач РЭБ по степени полезности их тактических параметров при сопоставимости затрат и сроков создания техники РЭБ. Оценивание удельных характеристик задач РЭБ на единицу затрат. Сравнение задач РЭБ по частным, обобщенным и интегральным показателям

предпочтительность таких направлений, как параллельная проработка вариантов задач, рациональных в ограниченном диапазоне условий, применение векторных показателей эффективности, построение прогностической модели в конфликтной постановке.

5. Алгоритм обоснования задач РЭБ с учетом факторов неопределенности

Укрупненный алгоритм обоснования задач РЭБ и действия субъектов системы обоснования по реализации направлений отражены в таблице.

Отметим, что детализация этапов обоснования и состав перечня направлений носят услов-

ный характер и могут уточняться и корректироваться при дальнейшем развитии изложенного подхода.

Заключение

В статье предложен методический подход к решению актуальной задачи компенсации факторов неопределенности военно-технического характера при обосновании задач РЭБ в операциях (боевых действиях) на основе формализованного описания проблемной ситуации и действий субъектов системы обоснования на основных этапах принятия решений в ходе обоснования. Вопросы компен-

сации факторов неопределенности, относящиеся к постановке задачи, в первую очередь связаны со структуризацией исходной информации о проблеме; анализом неопределенности; формированием исходного множества задач РЭБ; моделированием цели обоснования (выбором показателя и критерия эффективности); моделированием предпочтений лица, принимающего решения. Второй этап компенсации факторов неопределенности связан с формированием модели обоснования и получением оценок эффективности по результатам моделирования. Компенсация факторов неопределенности при анализе результатов предполагает выбор рациональных задач РЭБ на основе сформированного критерия эффективности обоснования и модели предпочтений лица, принимающего решения.

К числу преимуществ методического подхода относятся создание условий для формализации процесса компенсации факторов неопределенности при обосновании задач РЭБ для системы РЭБ любого масштаба, всестороннее многоаспектное описание задач РЭБ, возможность анализа в перспективе промежуточных результатов оценивания эффективности компенсации факторов неопределенности на количественной основе и в автоматизированном режиме и выявления на этой основе закономерностей, позитивных тенденций и направлений совершенствования методического обеспечения этого процесса.

Литература

1. Лавринов Г.А., Подольский А.Г. Содержание понятий неопределенности и риска в области формирования и реализации планов развития ВВТ // Вооружение и экономика. 2010. № 1 (9). С. 53—59.
2. Анисимов И.В., Донсков Ю.Е., Нагалин А.В. Иерархия целей и задач, возлагаемых на подразделение РЭБ в общевойсковом бою // Военная мысль. 2013. № 12. С. 21—26.
3. Быков А.А., Порфирьев Б.Н. О взаимосвязи риска с родственными понятиями и терминологии риск-менеджмента // Проблемы анализа риска. 2013. Т. 10. № 4. С. 4—12.
4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархии: Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1993. 320 с.

Сведения об авторах

Боев Александр Семенович: заместитель начальника отдела Научно-исследовательского испытательного института радиоэлектронной борьбы Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Число публикаций: 27

Область научных интересов: программное планирование развития вооружений, оценка рисков реализации программ развития техники радиоэлектронной борьбы

Контактная информация:

Адрес: 394006, г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, д. 66, кв. 100

Тел: +7(920) 406-76-30

E-mail: bozhkovi@rambler.ru

Бывших Дмитрий Михайлович: кандидат технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского испытательного института радиоэлектронной борьбы Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Число публикаций: 49

Область научных интересов: программное планирование развития вооружений, прогнозирование технико-экономических характеристик образцов военной техники

Контактная информация:

Адрес: 394087, г. Воронеж, ул. Ломоносова, д. 117, кв. 265

Тел: +7 (919) 189-57-99

E-mail: biwshih2013@yandex.ru

Ярыгин Юрий Николаевич: кандидат технических наук, старший научный сотрудник Научно-исследовательского испытательного института радиоэлектронной борьбы Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

Число публикаций: 45

Область научных интересов: совершенствование методов обоснования перспектив строительства войск радиоэлектронной борьбы

Контактная информация:

Адрес: 394031, г. Воронеж, ул. Чапаева, д. 112, кв. 38

Тел: +7 (920) 436-57-61

E-mail: y2766773@mail.ru

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

«РОССИЙСКОЕ КОНКУРЕНТНОЕ ПРАВО И ЭКОНОМИКА»

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-60362 от 29.12.2014 г.

Ведущий научно-практический журнал в области конкурентного права и антимонопольного регулирования, выпускаемый ФАС России совместно с издательским домом «Деловой экспресс».

На страницах издания публикуются актуальные материалы, посвященные вопросам антимонопольного регулирования и защиты конкуренции: информация о деятельности ФАС России и развитии антимонопольного законодательства; анализ правоприменительной и судебной практик; результаты научных исследований в области конкурентного права и связанных с ним экономических вопросов; обобщение опыта эффективной организации работы антимонопольной службы и др. Также в журнале освещаются круглые столы, конференции, дискуссии по вопросам в сфере конкурентного права, аспекты международного сотрудничества. Особое внимание журнал уделяет практической применимости публикуемых материалов.

Издание адресовано сотрудникам антимонопольных органов, специалистам-практикам, представителям бизнес-сообщества, консультантам, специалистам научных организаций, учащимся и преподавателям учебных заведений, а также широкому кругу заинтересованных читателей.

Разъясняя государственную политику в области защиты конкуренции, журнал призван содействовать повышению уровня правовой культуры, а также осуществлять обратную связь с читателями, выявляя их мнения о состоянии конкуренции в Российской Федерации.

Издание зарегистрировано в РИНЦ и готовится к включению в перечень рецензируемых научных журналов, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Минобрнауки России (ВАК) для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

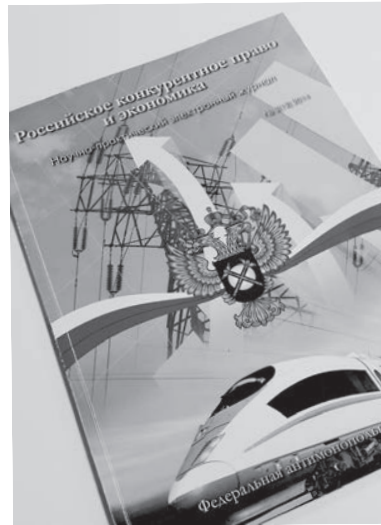
Издается в печатном и электронном виде с периодичностью раз в квартал.

УЧРЕДИТЕЛИ:

- Федеральное государственное автономное учреждение «Учебно-методический центр ФАС России» (г. Казань)
- Акционерное общество «Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Сушкевич Алексей Геннадьевич,
кандидат экономических наук,
заслуженный экономист РФ,
директор Департамента
антимонопольного регулирования ЕЭК



Издается: с 2011 года

Периодичность: ежеквартально

Распространение: подписка

Язык: русский

Издатель: АО ФИД «Деловой экспресс»

Телефон: (495) 787-52-26

Индекс «Пресса России»: 43225

Сайты: www.fas.gov.ru

www.dex.ru

ОСНОВНЫЕ РУБРИКИ:

- Антимонопольное законодательство
- Антимонопольное регулирование
- Антимонопольный контроль
- Региональная практика
- Судебная практика

РЕКЛАМА В ЖУРНАЛЕ:

Размещение рекламы в журнале «Российское конкурентное право и экономика» позволяет напрямую обращаться к целевой аудитории и в то же время дает возможность рассказать о технологиях, мероприятиях, услугах и продукции.

Информацию о стоимости размещения рекламного модуля в журнале можно узнать

- по телефону (495) 787-52-26
- или написать на почту journal@dex.ru.

ТЕРРИТОРИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ:

Управления ФАС России, Государственная дума РФ, администрации субъектов РФ, комитеты и комиссии союза предпринимателей и промышленников России, государственные и муниципальные предприятия, ректораты и библиотеки вузов, руководители ведущих российских компаний и частные лица.

Стоимость подписки на 2017 год

Печатная версия	800 руб. — за полугодие;	1600 руб. — за год
Электронная версия	400 руб. — за полугодие;	800 руб. — за год

УДК 621.316.925(075.8)

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2016

Преднамеренные электромагнитные деструктивные воздействия — угроза национальной безопасности страны

В. И. Гуревич,
Центральная лаборатория
Электрической компании
Израиля

Аннотация

Проблема преднамеренных электромагнитных деструктивных воздействий (ПЭДВ) на электроэнергетические системы становится в последнее время все более актуальной в связи с двумя современными тенденциями: расширяющимся применением микроэлектроники и микропроцессорной техники в электроэнергетике, с одной стороны, и интенсивными разработками средств дистанционного поражения электронной аппаратуры — с другой. Наиболее мощным и разрушительным средством поражения электронной аппаратуры является электромагнитный импульс высотного ядерного взрыва (ЭМИ ЯВ). История экспериментальных высотных ядерных взрывов насчитывает уже полвека. За это время были опубликованы на английском языке многие десятки научных работ, детально описывающих это явление и меры защиты от него. Однако все эти материалы остались неизвестными российским специалистам-энергетикам, и поэтому редкие публикации на эту тему вызывают лишь шквал отрицательных эмоций и негодования. Такое отношение к проблеме и ее полное игнорирование угрожают национальной безопасности страны и должны быть в корне изменены.

Ключевые слова: преднамеренные электромагнитные деструктивные воздействия, ПЭДВ, высотный ядерный взрыв, электромагнитный импульс, ЭМИ ЯВ.

Содержание

Введение

1. Как решается проблема ПЭДВ в США

2. Положение дел в России

Заключение

Литература

От редакции

Проблеме преднамеренных электромагнитных деструктивных воздействий (ПЭДВ) на электронную аппаратуру уже 20—30 лет уделяется большое внимание как в отечественной, так и зарубежной литературе. Так, еще в 2006 г. В.Е. Фортов — президент РАН — опубликовал интервью на эту тему. Такой многолетний интерес вызван тем, что есть и техногенная проблема, и техногенные риски. Внимание к этой проблематике в последние годы усиливается вследствие возможных преднамеренных террористических актов. Наш журнал тоже уделяет этой проблеме достойное внимание как одной из разновидностей многослойной системы оценки и анализа различных рисков. Хотя эта статья и публикуется в разделе «Дискуссионный клуб», что в определенной степени обусловлено полемическим характером ее заключительной части, это не умаляет заслуженного, во многом пионерского, вклада ее автора — к.т.н. В.И. Гуревича в разработку, развитие и популяризацию ПЭДВ. Редакция также надеется на дальнейшие публикации по оценке этого вида рисков.

Введение

...Наша уязвимость увеличивается ежедневно вместе с расширением нашего использования электроники и ростом нашей зависимости от нее в наших гражданских и в военных секторах.

Д-р Вильям Грэхем,
Председатель Комиссии Конгресса
США по ЭМИ ЯВ

Проблема преднамеренных электромагнитных деструктивных воздействий (ПЭДВ) на электронную аппаратуру стала актуальной уже через несколько лет после проведения США в 1946 г. на атолле Бикини (Маршалловы острова) испытательных ядерных взрывов под шифром «Операция Кроссродс». В ходе этих испытательных взрывов было обнаружено новое физическое явление — возникновение мощного импульса электромагнитного излучения, охватывающего обширную зону, к которому сразу же был проявлен повышенный интерес со стороны военных. С целью изучения этого явления в период с 1958 по 1962 г. последовала целая серия высотных (40—450 км) ядерных взрывов различной мощности, произведенных США и Советским Союзом. Было установлено поражающее действие

электромагнитного импульса высотного ядерного взрыва (ЭМИ ЯВ) на электронную аппаратуру, системы связи, радиостанции и радары, энергосистемы на расстоянии в тысячи километров от эпицентра взрыва (рис. 1).

Примерно с 80-х годов прошлого века в ряде стран начали усиленно работать над созданием так называемого супер-ЭМИ — ядерного заряда, в котором эффект ЭМИ многократно усилен по сравнению с обычным ядерным зарядом. Параллельно во многих странах велись работы по созданию сверхмощных направленных источников ЭМИ неядерного типа, а также электромагнитных бомб, боеголовок ракет, гранат и других боеприпасов, являющихся неядерными источниками ЭМИ, предназначенными для поражения электронных устройств важнейших систем инфраструктуры, в первую очередь систем связи, водо- и электроснабжения. В последнее время на рынке в свободной продаже появились мощные компактные источники ЭМИ, представляющие опасность уже не как средства ведения боевых действий противоборствующими сторонами, а как инструменты криминальных и террористических структур.

Применение специального оружия, способного разрушить систему электроснабжения и другие

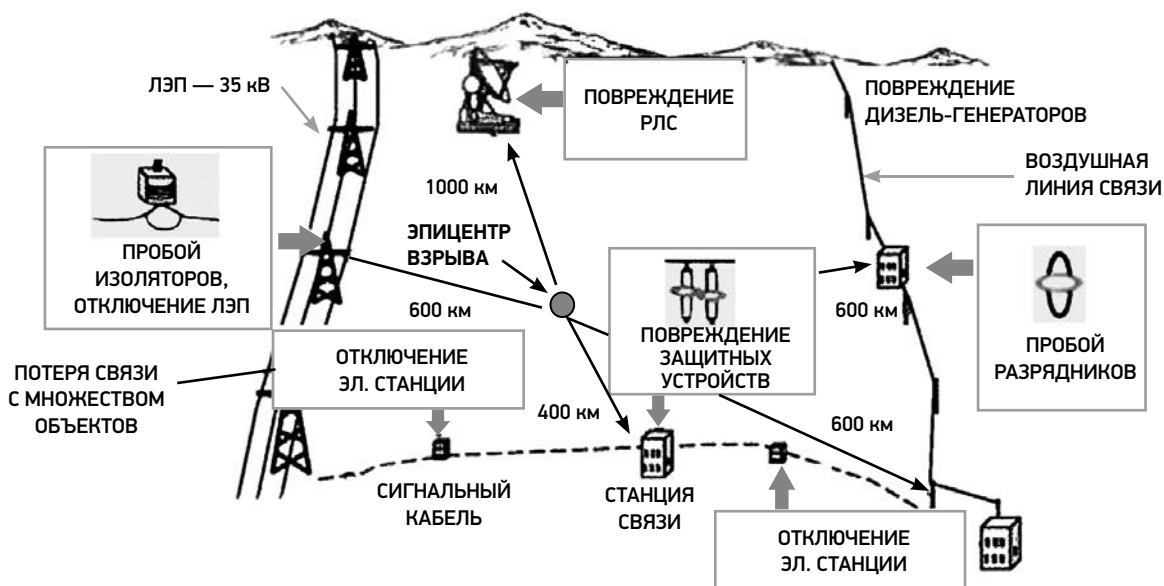


Рис. 1. Повреждения оборудования, подвергшегося воздействию высотного ЭМИ ЯВ над Казахстаном в 1962 г. Впервые рисунок был представлен на английском языке начальником ЦНИИ-12, генерал-майором, д.т.н., профессором В.М. Лоборевым на международной конференции EUROEM во Франции в 1994 г. [1]

важнейшие элементы национальной инфраструктуры, не воздействуя напрямую на человека, является весьма заманчивым, поскольку может привести к коллапсу целой страны, при том что лиц, ответственных за принятие решения о применении такого оружия, никто не сможет осудить за массовое убийство гражданского населения, поскольку это оружие не имеет прямого воздействия на людей.

Проблема преднамеренных электромагнитных деструктивных воздействий (ПЭДВ) на электро-энергетические системы становится в последнее время все более актуальной в связи с тремя современными тенденциями:

- расширяющимся применением микроэлектроники и микропроцессорной техники в электро-энергетике;



Рис. 2. Источник направленного сверхвысоко-частотного излучения, смонтированный в пикапе на базе легковушки с пластмассовым кузовом



Рис. 3. Походный разрушитель электроники под названием 2100 Series Suitcase на основе генератора Маркса, производимый компанией Applied Physical Electronics

- возрастанием уязвимости самой микропроцессорной техники к внешним электромагнитным воздействиям вследствие постоянного увеличения плотности микроэлементов в объеме кристалла, уменьшения изоляционных слоев в кристалле, снижения рабочих напряжений (со стандартных 5 до 1,5 В в некоторых новых микросхемах), увеличения производительности и рабочей частоты микропроцессоров, расширения применения внутренней памяти в микросхемах различного назначения, перехода от магнитных накопителей информации к флэш-памяти и т.д.;

- интенсивными разработками средств дистанционного поражения электронной аппаратуры, ведущимися во многих странах, и прогрессом, достигнутым в этой области.

Последние разработки в области неядерных средств ПЭДВ — это американская система CHAMP, разработанная компанией Raytheon и установленная в боеголовке крылатой ракеты Boeing. Эта система представляет собой сверхмощный источник направленного микроволнового излучения, дистанционно поражающего электронные системы, расположенные по траектории полета крылатой ракеты. А также российская ракета «Алабуга» с электромагнитной боевой частью, способной произвести одиночный электромагнитный импульс, поражающий электронные системы в радиусе до 3 км.

Особое место занимают компактные системы ПЭДВ, которые могут быть расположены в автомобилях (рис. 2) и даже в небольших чемоданчиках (рис. 3). Такие компактные системы ПЭДВ являются весьма привлекательными средствами поражения местных систем электроснабжения террористическими организациями, и их практическое использование — лишь вопрос времени.

Проблема ПЭДВ касается не только такой сугубо гражданской отрасли, как электроэнергетика, но и военных, поскольку военные базы и полигоны получают электроэнергию и воду от гражданских систем и серьезные сбои в функционировании этих систем неминуемо скажутся на боеготовности армии со всеми ее системами вооружения, защищенными от ПЭДВ. На восстановление электроснабжения обширных регионов страны с разрушенными ЭМИ ЯВ компьютеризированными системами управления, контроля, связи, релейной защиты (не говоря уже

о повреждениях силовых трансформаторов [2]) могут потребоваться месяцы. Современные системы резервного электроснабжения на основе дизель-генераторов — не решение проблемы, поскольку они предназначены для поддержания электроснабжения лишь отдельных относительно небольших объектов в течение нескольких часов и к тому же они имеют такие же незащищенные микропроцессорные системы управления режимом работы, как и все другие системы в электроэнергетике.

1. Как решается проблема ПЭДВ в США

Проблема не в технологиях. Мы знаем, как защититься от этого.

Проблема не в деньгах, это стоит не так уж дорого.

Проблема в политике.

Как всегда, появляется политика, которая мешает делу.

Д-р Питер Винсент Прай,
Task Force on National
and Homeland Security

Проблема ПЭДВ известна уже более 50 лет, в связи с чем возникает естественный вопрос о том, почему же до настоящего времени она не решена. Может быть эта проблема вообще не имеет решения?

Рассмотрим, как обстоят дела в мире с защитой от ПЭДВ (и в первую очередь от ЭМИ ЯВ) на примере двух ведущих мировых держав: США и России.

В США различными аспектами проблемы ПЭДВ занимаются десятки организаций, не считая университетов:

- Metatech Corp.
- Department of Homeland Security (DHS)
- EMP Commission of Congress
- North American Electric Reliability Corp. (NERC)
 - Department of Energy
 - Department of Defense (DoD)
 - Critical Infrastructure Partnership Advisory Council (CIPAC)
 - Electric Infrastructure Security Council (EIS)
 - Defense Science Board (DSB)
 - US Strategic Command (USSTRATCOM)
 - Defense Threat Reduction Agency (DTRA)
 - Defense Logistics Agency (DLA)
 - Air Force Weapons Laboratory

- FBI
- Sandia National Laboratories
- Lawrence Livermore National Laboratory (LINL)
- Oak Ridge National Laboratory
- Idaho National Laboratories
- Los Alamos National Laboratories
- Martin Marietta Energy Systems, Inc.
- National Security Telecommunications Advisory Committee
 - Federal Emergency Management Agency (FEMA)
 - National Academy of Science
 - Task Force on National and Homeland Security
 - EMPrimus
 - EMAG Associates
 - Neighborhood of Alternative Homes (NOAH)
 - EMPact America
 - Federal Energy Regulatory Commission (FERC)
 - Electric Power Research Institute (EPRI)
 - NASA
 - US Northern Command (NORTHCOM)
 - SHIELD Act
 - EMP Grid
 - EMP Technology Holding
 - Strategic National Risk Assessment (SNRA)
 - Walpole Fire Department

Большая часть отчетов этих организаций по этой теме является открытой или была раскречена в последнее время и выложена в свободном доступе в Интернете. Особый интерес представляют собой очень подробные многостраничные отчеты об исследованиях проблемы, выполненные в Metatech Corp., Oak Ridge National Laboratory и др.

Международная электротехническая комиссия (МЭК), являющаяся законодателем мод в области электротехники и электроники, выпустила свыше 20 стандартов, посвященных различным аспектам проблемы ПЭДВ, и в частности ЭМИ ЯВ:

1. IEC TR 61000-1-3 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 1-3: General—The effects of high-altitude EMP (HEMP) on civil equipment and systems.
2. IEC 61000-1-5 High power electromagnetic (HPEM) effects on civil systems.
3. IEC 61000-2-9 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 2: Environment—Section 9: Description of HEMP environment—Radiated disturbance. Basic EMC publication.

4. IEC 61000-2-10 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 2-10: Environment—Description of HEMP environment—Conducted disturbance.

5. IEC 61000-2-11 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 2-11: Environment—Classification of HEMP environments.

6. IEC 61000-2-13 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 2-13: Environment—High-power electromagnetic (HPEM) environments—Radiated and conducted.

7. IEC 61000-4-23 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-23: Testing and measurement techniques — Test methods for protective devices for HEMP and other radiated disturbances.

8. IEC 61000-4-24 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4: Testing and measurement techniques — Section 24: Test methods for protective devices for HEMP conducted disturbance — Basic EMC Publication.

9. IEC 61000-4-25 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-25: Testing and measurement techniques — HEMP immunity test methods for equipment and systems.

10. IEC 61000-4-32 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-32: Testing and measurement techniques — High-altitude electromagnetic pulse (HEMP) simulator compendium.

11. IEC 61000-4-33 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-33: Testing and measurement techniques — Measurement methods for high-power transient parameters.

12. IEC 61000-4-35 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-35: Testing and measurement techniques — HPEM simulator compendium.

13. IEC 61000-4-36 Electromagnetic compatibility (EMC) — Testing and measurement techniques — IEMI Immunity Test Methods for Equipment and Systems.

14. IEC/TR 61000-5-3 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 5-3: Installation and mitigation guidelines—HEMP protection concepts.

15. IEC/TS 61000-5-4 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 5: Installation and mitigation guidelines—Section 4: Immunity to HEMP—Specifications for protective devices against HEMP radiated disturbance. Basic EMC Publication.

16. IEC 61000-5-5 Electromagnetic compatibility (EMC)—Part 5: Installation and mitigation guide-

lines—Section 5: Specification of protective devices for HEMP conducted disturbance. Basic EMC Publication.

17. IEC 61000-5-6 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 5-6: Installation and mitigation guidelines — Mitigation of external EM influences.

18. IEC 61000-5-7 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 5-7: Installation and mitigation guidelines — Degrees of protection provided by enclosures against electromagnetic disturbances (EM code).

19. IEC 61000-5-8 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 5-8: Installation and mitigation guidelines — HEMP protection methods for the distributed infrastructure.

20. IEC 61000-5-9 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 5-9: Installation and mitigation guidelines — System-level susceptibility assessments for HEMP and HPEM.

21. IEC 61000-4-36 Electromagnetic compatibility (EMC) — Testing and measurement techniques — IEMI Immunity Test Methods for Equipment and Systems.

Некоторые из стандартов еще находятся в стадии разработки.

Свой стандарт предлагает и американская ассоциация инженеров-электриков IEEE — IEEE P1642 Recommended Practice for Protecting Public Accessible Computer Systems from Intentional EMI.

Аналогичный документ разработала и Европейская Комиссия — Topic SEC-2011.2.2-2 Protection of Critical Infrastructure (structures, platforms and networks) against Electromagnetic (High Power Microwave (HPM)) Attacks.

В СИГРЭ создана отдельная рабочая группа по этой теме — CIGRE WG C4.206 Protection of the High Voltage Power Network Control Electronics against IEMI.

Много стандартов выпущено Министерством обороны США и НАТО:

1. MIL-STD-2169B High — Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Environmental, 2012.

2. MIL-STD-188-125-1 High — Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Protection for Ground Based C41 Facilities Performing Critical. Time-Urgent Mission. Part 1 Fixed Facilities, 2005.

3. MIL-STD-188-125-2 High — Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Protection for Ground Based C41 Facilities Performing Critical. Time-Urgent Mission. Part 2 Transportable Systems, 1999.

4. MIL-STD-461F Requirements for the Control of Electromagnetic Interference Characteristics of Subsystems and Equipment, 2007.

5. MIL-STD-464C Electromagnetic Environmental Effects. Requirements for Systems, 2010. — Test Operations Procedure Report No. 01-2-620 High-Altitude Electromagnetic Pulse (HEMP) Testing.

6. MIL-STD-1377 Effectiveness of Cable, Connector, and Weapon Enclosure Shielding and Filters in Precluding Hazards of Electromagnetic Radiation to Ordnance (HERO), 1971.

7. MIL-HDBK-240 Hazards of Electromagnetic Radiation to Ordnance (HERO) Test Guide, 2002.

8. NATO AECTP-500 Ed. 4. Electromagnetic Environmental Effects Test and Verification, 2011.

9. NATO AECTP-250 Ed. 2 — Electrical and Electromagnetic Environmental Conditions, 2011.

Следует признать, что, несмотря на обилие организаций, занимающихся вопросами ПЭДВ в США, и наличие огромного объема технической документации, реальные успехи в области защиты объектов электроэнергетики в США весьма незначительны (речь идет о нескольких подстанциях, снабженных средствами защиты от ПЭДВ). На вопрос автора Генеральному директору Electric Infrastructure Security Council (EIS) господину Avi Schnurr на одной из конференций по этой тематике о причинах такого положения дел его ответ был таков, что гражданский персонал энергосистем еще не в полной мере осознал актуальность темы и необходимость инвестиций в защиту энергообъектов от ПЭДВ. На самом деле проблема имеет, конечно, более глубокие корни, рассмотренные автором в [3]. Тем не менее, несмотря на отсутствие заметного прогресса в деле реальной защиты энергообъектов, следует признать несомненные успехи США в области информированности гражданских специалистов-энергетиков о проблеме и путях ее решения, доступность информационных ресурсов, огромный объем работ в области стандартизации и исследований. Кроме того, на Западе, и в США в частности, уже существует обширный рынок средств защиты энергообъектов от ПЭДВ, производимых десятками компаний.

Вся эта предварительная работа заняла десятки лет, но именно она позволила создать необходимые предпосылки для начала практических работ по защите энергообъектов от ПЭДВ.

2. Положение дел в России

Вы можете дурачить всех людей некоторое время; можете даже все время дурачить некоторых людей; но вам никогда не удастся дурачить всех людей все время.

Авраам Линкольн

В России опубликовано в открытом доступе лишь несколько официальных документов в этой области:

- ГОСТ Р 53111-2008. Устойчивость функционирования сети связи общего пользования;
- РД 45.083-99. Рекомендации по обеспечению стойкости аппаратурных комплексов объектов проводной электросвязи к воздействию дестабилизирующих факторов;
- ГОСТ Р 52863-2007. Защита информации. Автоматизированные системы в защищенном исполнении. Испытания на устойчивость к преднамеренным силовым электромагнитным воздействиям. Общие требования.

Первые два документа относятся лишь к узкой области техники — системам связи — и основаны на требованиях обычных, а не специальных стандартов по электромагнитной совместимости (ЭМС). Последний документ предназначен для более широкого применения, но также основан на требованиях общих стандартов по ЭМС. Все специальные требования (а это как раз требования по ПЭДВ) обозначены в этом стандарте значком «Х» без указания технических параметров, что представляется несколько странным, учитывая название стандарта.

Имеются, естественно, и непубликуемые в открытом доступе материалы, например: «Нормы по стойкости аппаратуры, приборов, устройств и оборудования ЕСС РФ к воздействию ИИ и ЭМИ ЯВ» — Решение ГКЭС при Минсвязи России № 143 от 31.01.1996, а также и закрытые (в отличие от западных) военные стандарты. Правда, и этот материал имеет весьма узкую область применения, но само по себе его наличие указывает на определенную озабоченность специалистов проблемой ПЭДВ. Хотя, как можно видеть из приведенного выше перечня стандартов, нормы стойкости и методы испытания аппаратуры к воздействию ЭМИ ЯВ уже давно не являются секретными и публикуются на Западе в открытом доступе, причем как

стандарты МЭК общего пользования, так и военные (за очень редким исключением, например MIL-STD-2169B). Вряд ли можно признать логичной и оправданной политику России в области чисто технической проблемы, в результате которой большинство российских специалистов во многих областях гражданской техники (например, в области электроэнергетики), так или иначе связанных с проблемами ПЭДВ, не имеют о них ни малейшего представления.

Имеются в России и специализированные испытательные центры, которые снабжены всем необходимым для проверки устойчивости оборудования к воздействию ЭМИ ЯВ:

- комплекс «Аллюр» ФГУП ВЭИ им. Ленина в г. Истре Московской обл.;
- испытательный центр ФГУ «12 ЦНИИ МО РФ» в Сергиевом Посаде;
- испытательный комплекс «26 Центрально-го научно-исследовательского института» МО РФ в Санкт-Петербурге.

Но кто из гражданских специалистов в области электроэнергетики России знает о существовании этих центров? Опять все та же проблема — полное отсутствие информации по этой актуальной теме для гражданских специалистов.

Фактически единственным автором, пишущим о проблемах ПЭДВ в электроэнергетике России, был и остается до сих пор автор данной статьи (конечно, если не принимать во внимание многочисленных плагиаторов). Первая его статья на эту тему была опубликована 11 лет тому назад на русском и на английском языках [4, 5], но осталась незамеченной в России (в отличие от статьи, опубликованной на английском языке). Но зато другая статья автора, в которой была затронута проблема уязвимости микропроцессорных реле защиты к ПЭДВ, опубликованная в шестом номере журнала «Новости электротехники» за 2005 г. [6], вызвала шквал эмоций у специалистов-энергетиков, поскольку посягнула на коммерческие интересы производителей микропроцессорных реле защиты в России. Вот лишь несколько цитат из отзывов ведущих российских специалистов, опубликованных в следующем номере того же журнала:

- *«Утверждение о возможности преднамеренных дистанционных воздействий на микропро-*

цессорную релейную защиту с целью нарушения ее нормальной работы кажется надуманным», — Э. Палей, помощник Генерального директора ОАО «ПО ЭЛТЕХНИКА», А. Лисицын, директор департамента противоаварийной автоматики, систем управления и релейной защиты НТЦ ЕЭС;

- *«Применение устройств с микропроцессорными технологиями не изменяет доступность оборудования терроризму, в том числе и “электронному”», — Н. Дони, Первый заместитель Генерального директора ООО НПП «ЭКРА»;*

- *«Воздвигать барьеры на пути внедрения микропроцессорной техники в энергетику и пытаться затормозить технический прогресс в России — занятие вредное и абсолютно бесперспективное», — Г. Нудельман, Председатель Совета директоров ОАО «ВНИИР».*

После обвинения автора в «попытке затормозить технический прогресс в России» уже не остается ничего другого, как объявить его иностранным шпионом и врагом народа.

Естественно, что при таком подходе к проблеме ведущих специалистов-энергетиков России о каком информировании технической общестественности России можно говорить? «Держать и не пущать» — вот их главная цель! Именно такой подход и был использован этими деятелями в дальнейшем по отношению к последующим статьям автора. Например, по настоянию одного из них дважды снимались с публикации в последний момент уже сверстанные и вычитанные статьи по этой теме в журнале «Электроэнергия. Передача и распределение». А в отзыве того же деятеля на статью автора: «Пришло время трезво оценить ситуацию», опубликованную в 3 номере за 2014 г. газеты «Энергетика и промышленность России», он назвал призывы автора обратить внимание специалистов на проблемы ПЭДВ в электроэнергетике страшилками, а сам отзыв опубликовал под названием: «Надежней всего жить в пещере у костра», весьма красноречиво отражающим позицию российских специалистов, не знающих о проблеме и не желающих о ней ничего знать!

Единственными, кто по достоинству оценил публикации автора на эту тему, были многочисленные плагиаторы, которые, не стесняясь, заимствовали идеи, изложенные в публикациях автора, а часто

и просто полностью копировали целые разделы из разных статей автора, компоновали их в виде отдельной статьи и публиковали под своим именем.

Заключение

Используя название упомянутой выше статьи «Пришло время трезво оценить ситуацию» в качестве призыва, автор обращается к руководителям отрасли с предложением отбросить наконец личные амбиции и начать серьезно работать над решением проблемы. В США процесс осмысления и выработки теоретических основ решения проблемы занял несколько десятилетий. Но России нет смысла в точности повторять пройденный США путь, поскольку на сегодняшний день теоретические основы решений проблемы уже заложены. Необходимо лишь взять то, что уже наработано, серьезно проанализировать, доработать, если необходимо, и начать готовить электроэнергетику к реально существующим рискам. Первыми помощниками в этом деле для российских специалистов могут стать книги автора: «Уязвимости микропроцессорных реле защиты: проблемы и решения» [7] и «Защита оборудования подстанций от электромагнитного импульса» [8].

Литература

1. Loborev V.M. Up to date state of the NEMP problems and topical research directions, in Euro Electromagnetic Conf. (EUROEM), Bordeaux, France. June 1994. P. 15—21.
2. Гуревич В.И. Проблема защиты силового электрооборудования энергосистем от магнитогидродинамического эффекта электромагнитного импульса // Энергоэксперт. 2015. № 6. С. 40—45.

3. Гуревич В.И. Электромагнитный Армагеддон? // Альтернативная энергетика и экология. 2015. № 13—14. С. 113—121.
4. Gurevich V. The Hazards of Electromagnetic Terrorism. // Public Utilities Fortnightly. June 2005. P. 84—86.
5. Гуревич В.И. Электромагнитный терроризм — новая реальность 21 века // Мир техники и технологий. 2005. № 12. С. 14—15.
6. Гуревич В.И. Микропроцессорные реле защиты: новые перспективы или новые проблемы? // Новости электротехники. 2005. № 6 (36). С. 57—60.
7. Гуревич В.И. Уязвимости микропроцессорных реле защиты: проблемы и решения. М.: Инфра-Инженерия, 2014. 256 с.
8. Гуревич В.И. Защита оборудования подстанций от электромагнитного импульса. М.: Инфра-Инженерия, 2016. 302 с.

Сведения об авторе

Гуревич Владимир Игоревич: кандидат технических наук, почетный профессор, ведущий специалист Центральной лаборатории Электрической компании Израйля
Количество публикаций: 13 книг, свыше 200 статей, свыше 120 авторских свидетельств и патентов
Область научных интересов: преднамеренные электромагнитные деструктивные воздействия (ПЭДВ) на электроэнергетические системы, средства и методы защиты от них, электрические реле и релейная защита, проблемы микропроцессорных устройств релейной защиты
Контактная информация:
Адрес: Central Electric Laboratory, Israel Electric Corp., POB 10, Haifa 31000, Israel
Тел.: +7 076-863-72-93
E-mail: gurevich@iec.co.il

УДК 614.84

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2016

Пожарные риски России

Ю. И. Соколов,
ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС
России, г. Москва

Аннотация

В статье проводится анализ состояния пожарной безопасности России.

Ключевые слова: пожар, индивидуальный пожарный риск, пожарная охрана, лесной пожар, пожарная автоматика, огнетушители, пожар на промышленном объекте, лесной пожар, торфяной пожар, степной пожар.

Содержание

Введение

1. Обобщенные данные об обстановке с пожарами в мире и России
2. Пожарная охрана России
3. Индивидуальный пожарный риск
4. Обстановка с пожарами в городах и сельской местности России
5. Пожары в общественных зданиях
6. Состояние пожарной автоматики
7. Фальшивые огнетушители
8. Природные пожары

Заключение

Литература

Введение

Статистика свидетельствует о том, что ежегодно в пепел и дым превращаются огромные ценности. Средний интервал времени между двумя пожарами или загораниями в России составляет 64 с. Средний интервал времени между случаями гибели людей на пожарах в России 44 мин. Основная доля числа погибших при пожарах приходится на жилые здания, и средний интервал времени между случаями гибели людей на пожарах в жилых зданиях и сооружениях в России 51 мин.

Среди многочисленных причин пожаров в процентном отношении «пальма первенства» в течение многих лет остается за неосторожным обращением с огнем — от 40 до 50%, далее следует неисправность оборудования — 24% и печное отопление — 12%. Последняя цифра — это показатель пожарной обстановки на селе. В деревнях и селах живет около четверти населения страны, а ущерб от пожаров составляет там более половины от общей величины материальных потерь. Пожары на селе возникают чаще, а людей в них гибнет больше, чем в городах.

Ежегодные общие потери от пожаров в России превышают 100 млрд руб., огнем уничтожается 2,0—2,5 млн кв. м жилья. Ежегодно из-за пожаров лишаются жилья порядка 130 тыс. россиян. Лесные пожары ежегодно охватывают более 2 млн га лесных площадей и угрожают населенным пунктам и объектам экономики.

1. Обобщенные данные об обстановке с пожарами в мире и России

В современном постиндустриальном обществе пожары и взрывы — самый распространенный вид чрезвычайных ситуаций.

По данным ЮНЕСКО, за последнее столетие от наводнений и цунами погибли не менее 9,3 млн чел., от землетрясений — 2 млн, от ураганов и тайфунов — 1 млн, от дорожно-транспортных происшествий — 10 млн, а от пожаров 5 млн чел. Можно констатировать, что последствия пожаров сопоставимы с самыми грозными стихийными бедствиями и катастрофами [<http://sud-expertiza.ru/library/ekspertnaya-ocenka-pozharnoy-bezopasnosti/>].

Общее число пожаров на земле оценивается (с погрешностью 15—20%) на уровне 10—12 млн в год (включая природные пожары), а число погибших на пожарах людей — 100—120 тыс. чел. в год. «Стоимость» пожаров в различных странах мира составляет примерно 1% от валового национального продукта страны, при этом затраты на борьбу с пожарами в 3—5 раз превосходят потери от пожаров.

Сложность точного учета пожаров заключается в том, что в разных странах существуют различные правила такого учета, которые еще и меняются со временем. Например, больше всего пожаров на Земле регистрируется в США: в среднем 1350 тыс. пожаров в год на 315 млн чел., а в таких огромных по численности населения Китае (1,35 млрд чел.) и Индии (1,15 млрд чел.) официально ежегодно регистрируется соответственно примерно 100 тыс. и 200 тыс. пожаров [http://riskprom.ru/_ld/3/382_2015____.-2015-.pdf].

Центр пожарной статистики Международной ассоциации пожарно-спасательных служб СТИФ [1] издал свой очередной отчет № 20 (2015 г.), содержащий пожарную статистику о динамике числа пожаров, количестве их жертв в XXI веке в 30—44 странах мира, т.е. только в ограниченном числе стран, где организована пожарная статистика (табл. 1).

Обобщенные данные об обстановке с пожарами в этих странах в XXI веке отражены в табл. 1.

Примерно 49,5% всех пожаров возникает в зданиях, 1,1% — в дымоходах, 5,2% — вне зданий, около 8,0% — на транспорте, 2,5% — в лесах, 15,5% — пожары травы и кустов, примерно 5,9% всех по-

Обобщенные данные об обстановке с пожарами в странах мира за 2001—2013 гг.

Таблица 1

Год	Число стран	Суммарное население, млрд чел.	Число пожаров, млн	Число погибших, тыс. чел.	Среднее число пожаров на 1000 чел.	Среднее число погибших	
						на 100 000 чел.	на 100 пожаров
2001	46	3,5	3,8	61,9	1,1	1,8	1,6
2002	41	3,5	4,3	62,3	1,2	1,8	1,4
2003	39	3,5	4,5	61,1	1,3	1,7	1,4
2004	44	3,5	4,1	60,1	1,2	1,7	1,5
2005	45	3,5	4,3	57,4	1,2	1,6	1,3
2006	37	3,6	4,1	52,2	1,1	1,5	1,3
2007	40	3,8	4,0	52,5	1,1	1,4	1,3
2008	31	3,5	3,6	48,3	1,0	1,4	1,3
2009	31	3,4	3,3	44,7	1,0	1,3	1,4
2010	33	2,2	3,2	46,1	1,5	2,1	1,4
2011	34	2,3	3,3	48,2	1,4	2,1	1,5
2012	35	1,1	3,1	23,7	2,8	2,2	0,8
2013	31	1,1	2,5	21,7	2,3	2,0	0,9

Динамика числа жертв пожаров в странах мира за 2009—2013 гг.

Таблица 2

№	Страна	Население, тыс. чел.	Число погибших					Среднее число		
			2009	2010	2011	2012	2013	в год	на 100 тыс. чел.	на 100 пожаров
1	USA	316 129	3010	3120	3005	2855	3420	3082	1,0	0,2
2	Russia	143 000	13 946	13 061	11 962	11 652	10 548	12 234	8,6	7,2
3	Japan	127 297	—	—	1766	1721	1625	1704	1,3	3,6
4	Vietnam	93 000	52	68	75	78	45	64	0,1	3,0
5	Germany	82 218	432	373	376	—	—	394	0,5	0,2
6	France	66 030	394	438	459	362	321	395	0,6	0,1
7	Great Britain*	61 370	416	388	388	380	350	384	0,6	0,1
8	Italy	61 000	109	74	79	257	—	130	0,2	0,1
9	Spain	47 021	196	192	—	—	—	194	0,4	0,2
10	Ukraine	45 489	3209	2819	2869	2751	2494	2828	6,2	4,7
11	Poland	38 496	584	525	585	564	515	555	1,4	0,4
12	Romania	20 121	234	247	224	222	—	232	1,2	0,9
13	Kazakhstan	15 819	558	528	488	518	455	509	3,2	3,1
14	Greece	10 788	55	—	48	49	33	46	0,4	0,1
15	Czechia	10 505	—	131	—	125	111	122	1,2	0,6
16	Hungary	9909	125	112	136	140	112	125	1,3	0,5
17	Sweden	9556	124	—	102	103	96	106	1,1	0,4
18	Belarus	9468	—	1120	483	927	783	828	8,7	3,8
19	Austria	8477	36	39	30	30	20	31	0,4	0,1

* Данные 2009—2010 гг. для Соединенного Королевства Великобритании и Северной Ирландии.

жаров — пожары мусора, свалок и 12,4% — другие пожары.

При этом следует учесть, что в разных странах имеются свои правила учета пожаров по представленным категориям. Например, в ряде стран пожары в дымоходах учитываются как пожары в зданиях (например, в США и в России), в других странах не учитываются пожары мусора и травы (Россия, Украина).

Динамика числа жертв пожаров в ряде стран мира за 2009—2013 гг. отражена в табл. 2.

Если обратить внимание на общее число людей, ежегодно погибающих на пожарах на территории России, и на среднее число жертв на 100 тыс. чел. населения и на 100 пожаров, получается что мы,

к великому сожалению, уверенно идем на первом месте. Это место мы сохранили и в 2014—2015 гг. (табл. 3) [2].

Ежегодные общие потери от пожаров в России превышают 100 млрд руб., огнем уничтожается около 2,0 млн кв. м жилья [7].

Абсолютные значения показателей пожарной опасности в России существенно выше, чем в США и большинстве стран Европы. В значительной мере это объясняется тем, что затраты на противопожарную защиту (в % от ВВП) в нашей стране в 10 раз меньше, чем затраты на эти цели в Италии, Норвегии, Швейцарии и США, в 7 раз меньше, чем в Бельгии и Японии, в 5 раз меньше, чем во Франции, Швеции и Великобритании.

Современные исследователи утверждают, что состояние обеспечения пожарной безопасности (ПБ) в России приобрело выраженный кризисный характер и является мощным дестабилизирующим фактором, негативно влияющим на экономику и демографическую ситуацию.

В работе [3] приводятся данные о пожарах и их последствиях в России и США, об итогах деятельности пожарной охраны России и США в 2011 г.

Средний интервал времени между двумя пожарами в США составляет 23 с, а между двумя пожарами или загораниями в России — 64 с.

Средний интервал времени между двумя пожарами или загораниями в жилых зданиях и сооружениях в США составляет 85 с, а в нашей стране — 305 с.

Средний интервал времени между случаями гибели людей на пожарах в США составил 175 мин, в России — 44 мин. Основная доля числа погибших при пожарах приходится на жилые здания, и средний интервал времени между случаями гибели людей на пожарах в жилых зданиях и сооружениях в США составил 208 мин, в России — 51 мин.

Ущерб от пожаров в 2011 г. составил в США 11 659 млн долларов, а в России 18 189 млн руб. (606 млн долларов).

Основные проблемы пожарной безопасности в России с малоэтажными зданиями высотой до 28 м, в том числе старой постройки. В этих зданиях и происходит наибольшее количество пожаров и больше всего гибнет людей из-за позднего обнаружения пожара, несвоевременных оповещения людей и их эвакуации.

2. Пожарная охрана России

Обеспечение пожарной безопасности провозглашено одной из важнейших функций государства. Сегодня страну от огня спасают сразу несколько структур.

Федеральным законом от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» (ст. 4) определены следующие виды пожарной охраны:

- государственная противопожарная служба;
- муниципальная пожарная охрана;
- ведомственная пожарная охрана;
- частная пожарная охрана;
- добровольная пожарная охрана.

Статистика пожаров в России за 2014 и 2015 гг.

Таблица 3

Показатель	2014 г.	2015 г.
Количество пожаров, ед.	152 695	145 686
Погибло людей при пожарах, чел.	10 237	9 377
в т. ч. детей, чел.	531	459
Травмировано людей при пожарах, чел.	11 079	10 920
Прямой ущерб, тыс. руб.	18 343 858	18 814 077

В настоящее время в каждом субъекте РФ деятельность по тушению пожаров в крупных городах осуществляют подразделения федеральной противопожарной службы, территорию остальных населенных пунктов призваны защищать создаваемые подразделения противопожарных служб субъектов РФ.

При этом главным критерием, определяющим организацию противопожарной службы (ППС) в населенных пунктах РФ, в соответствии с Федеральным законом от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» является время прибытия первых подразделений к месту вызова, которое в городских поселениях не должно превышать 10 мин, в сельских поселениях — 20 мин.

Согласно подготовленному ФГБУ ВНИИПО МЧС России сборнику «Пожары и пожарная безопасность в 2014 г. Статистика пожаров и их последствий» количество людей, погибших на пожарах, находится в прямой зависимости от времени прибытия первого караула к месту пожара (в 2014 г. погибло при прибытии первого караула в течение 1 мин — 82 чел., 3 мин — 898 чел., 5 мин — 1117 чел.).

В Государственную противопожарную службу входят федеральная противопожарная служба и противопожарная служба субъектов Российской Федерации.

Самая мощная из них — Федеральная противопожарная служба (ФПС) МЧС России, ее ряды превышают 170 тыс. чел., в противопожарных структурах субъектов Федерации насчитывается более 70 тыс. чел., 8 тыс. пожарных служат в муниципальных подразделениях, более 46 тыс. чел. — ведомственная охрана, 19 тыс. огнеборцев работают в част-

ных структурах, 16 тыс. чел. — персонал договорных формирований и еще более 900 тыс. пожарных-добровольцев по состоянию на начало 2015 г. и всего чуть более 270 тыс. по состоянию на начало 2016 г.

Итого общая численность пожарных — порядка 600 тыс. чел. на начало 2016 г.

По данным из статистического сборника по пожарам СТІF20 за 2015 г. (статистика по 2013 г.) [1]:

- среднее число жителей на 1 проф. пожарного в России составляет 511 чел., меньше только в Брунее (337), в США — 916, а в Китае — 10 168, а в Лаосе — 26 730;
- среднее число погибших на 100 пожаров в России — 6,9 чел., больше только в Беларуси — 10,6 чел.;
- численность противопожарных служб в 2001—2013 гг.:

— в США — профессионалов 345 950 чел., добровольных пожарных 783 300;

— в России — профессионалов 280 000 чел., добровольных пожарных 900 000.

К сожалению, данные по добровольцам категорически не соответствуют действительности. По словам А.П. Чуприяна, заместителя министра МЧС России, сказанным на Всероссийском сборе по подведению итогов деятельности РСЧС в 2014 г. (27—28 января 2015 г.): «Это виртуальные добровольцы, в регионы спускают разрядки, люди, в основном это персонал муниципальных предприятий, формально записываются в добровольцы, при этом даже пожарным краном пользоваться не умеют. Зато отчеты красивые» [4]. Он же добавил, что самостоятельно добровольцами потушено 2700 пожаров и загораний, что в 150 раз меньше, чем подразделениями МЧС России. На начало 2016 г. число добровольных пожарных было снижено более чем в 3 раза и составило чуть более 270 тыс. чел. В 2015 г. они потушили 2836 пожаров и спасли 572 чел.

В ведении МЧС России также находятся 3 организации военизированных горноспасательных частей (ВГСЧ), в состав которых входят 18 военизированных горноспасательных отрядов, подразделения которых (военизированные горноспасательные взводы, пункты) дислоцируются в 31 субъекте Российской Федерации. Штатная численность работников ВГСЧ МЧС России составляет 4590 чел., группировка сил — 3330 чел. и 744 единицы техники.

3. Индивидуальный пожарный риск

Существует несколько десятков пожарных рисков, которые характеризуют возможность пожара, а также содержат оценки его возможных последствий.

Пожарная безопасность — состояние объекта противопожарной защиты, при котором значения всех пожарных рисков, ему угрожающих, не превышают их допустимых уровней.

Среди всех пожарных рисков наибольшую дискуссию специалистов вызывает индивидуальный пожарный риск.

В ст. 2 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» даются определения пожарного риска, в том числе индивидуального пожарного риска (ИПР): «Индивидуальный пожарный риск — пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара».

В ст. 79 «Нормативное значение пожарного риска для зданий, сооружений и строений» говорится, что ИПР в зданиях, сооружениях и строениях не должен превышать значение одной миллионной в год при размещении отдельного человека в наиболее удаленной от выхода из здания, сооружения и строения точке.

Таким образом, в качестве нормативного значения ИПР принято число 10^{-6} год⁻¹, которое было уже определено ГОСТ 12.1.004-76 «Пожарная безопасность. Общие требования». В п. 1.4 ГОСТа сказано: «Система пожарной защиты должна разрабатываться по каждому конкретному объекту из расчета, что нормативная вероятность воздействия опасных факторов пожара (ОФП) на людей принимается равной не более 0,000001 в год в расчете на отдельного человека». Это значение вероятности, в свою очередь, было без должных обоснований заимствовано из нидерландских источников. При этом понятие ИПР относится к отдельному человеку, который может погибнуть, находясь в зоне действия ОФП.

Риск гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара должен определяться с учетом функционирования систем обеспечения пожарной безопасности зданий, сооружений и строений.

Многими известными специалистами доказывается, что принятое нормативное значение ИПР (10^{-6} год⁻¹) в России недостижимо, а реальное зна-

чение ИПР составляет $1 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹, что в 100 раз выше допустимого риска и может соответствовать только производственным объектам с высокой степенью пожароопасности [5, 6].

Несмотря на достигнутые успехи в области обеспечения пожарной безопасности, в Российской Федерации продолжает оставаться высоким индивидуальный пожарный риск ($84,0 \cdot 10^{-6}$). Для сравнения показатель индивидуального пожарного риска в США составляет $9,8 \cdot 10^{-6}$, в Германии — $5,1 \cdot 10^{-6}$, в Великобритании — $7,8 \cdot 10^{-6}$, во Франции — $6,2 \cdot 10^{-6}$, причем указанные уровни признаются в этих странах и приемлемыми, и допустимыми [7].

Кроме экономических причин неудовлетворительного состояния противопожарной защиты населения имеется целый комплекс организационных, технических и социальных причин пожаров. Большая часть (78%) пожаров в стране происходит в жилом секторе, что обусловлено следующими причинами:

- площади жилых построек много больше площадей, занимаемых производственными и общественными зданиями;
- количество людей, находящихся в жилых домах, особенно в нерабочее время, значительно больше, чем на производстве, причем среди них велик процент пожилых людей, инвалидов и детей;
- техническое состояние жилых построек, их огнестойкость, наличие и состояние систем и средств сигнализации, оповещения и пожаротушения в них в разы ниже, чем на предприятиях и в учреждениях.

В соответствии со ст. 79 Технического регламента о требованиях пожарной безопасности, норма-

тивное значение индивидуального пожарного риска регламентируется на уровне не выше 10^{-6} в год при размещении отдельного человека в наиболее удаленной от выхода из здания и сооружения точке.

Таким образом, с одной стороны, наблюдаемый на практике уровень индивидуального пожарного риска в России является самым высоким в мире, а с другой — Технический регламент устанавливает нормативное значение индивидуального пожарного риска на уровне, который намного ниже наблюдаемого на практике в наиболее развитых странах, причем последний признается в этих странах и приемлемым, и допустимым.

Статистические данные показывают, что зафиксированное значение индивидуального пожарного риска в Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности (Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ) недостижимо не только в России, но и в таких развитых странах, как Канада, Швеция, США и Норвегия, и, таким образом, можно сделать вывод о необходимости корректировки значения индивидуального пожарного риска в России (предлагается до уровня не ниже $12 \cdot 10^{-6}$).

4. Обстановка с пожарами в городах и сельской местности России

Обстановка с пожарами в некоторых крупных городах мира в 2013 г. приведена в табл. 4 [1].

Среднее число погибших на 100 пожаров в некоторых городах мира (2013): Минск — 7,2 (первое место), Санкт-Петербург — 4,1 (второе место), Москва — 2,3 (пятое место).

Обстановка с пожарами в некоторых крупных городах мира

Таблица 4

Город	Население, тыс. чел.	Площадь, км ²	Число	
			пожаров	погибших
New Delhi	16 000	1483	—	285
Tokyo	13 321	2188	5131	116
Moscow	12 108	1080	6933	157
New York City	8337	835	39 665	67
Paris	6695	759	19 563	39
St. Petersburg	5020	1404	3334	137
Berlin	3375	938	7330	28

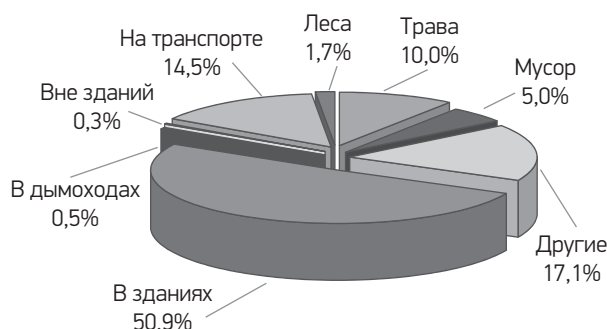


Рис. 1. Распределение пожаров по местам возникновения в крупных городах мира в 2012 г.

Численность федеральной противопожарной службы ГУ МЧС России по г. Москве по состоянию на 1 марта 2013 г. составляла 9018 чел. По состоянию на 2011 г. пожарную безопасность Санкт-Петербурга обеспечивал гарнизон пожарной охраны (6328 чел.), состоящий из федеральной противопожарной службы (3812 чел.) и Противопожарной службы Санкт-Петербурга (2516 чел.). Если мы обратимся к среднему числу погибших на 100 пожаров в крупных городах мира в 2012 г., то обнаружим, что первые места в этом списке занимают Санкт-Петербург (4,3) и Москва (2,0).

Распределение пожаров по местам возникновения в крупных городах мира отражено на рис. 1 [1].

За период 2008—2010 гг. средний риск гибели людей на пожарах по России составил 7,5 чел. на 100 пожаров (6,4 в городах и 9,3 в сельской местности), а средний прямой ущерб от одного пожара — 67 тыс. руб. (64 тыс. руб. в городах и 72 тыс. руб. в сельской местности).

Динамика основных показателей обстановки с пожарами в РФ за 2008—2015 гг. в городах и сельской местности отражена в табл. 5 [2].

Многоэтажные жилые дома являются основным видом жилья в городах. Особенностью, усугубляющей пожарную опасность жилых зданий, является наличие встроенных в них помещений иного назначения: учреждений торговли, связи, коммунально-бытового назначения, общественного питания и др. При возникновении пожара во встроенном помещении возникает угроза для жизни людей, живущих на верхних этажах.

Следует также добавить, что фактором, существенно повышающим пожарную опасность многоэтажных зданий и зданий повышенной этажности, является высокая вероятность позднего обнаружения пожара в случае отсутствия или на-

Динамика основных показателей обстановки с пожарами в РФ за 2008—2015 гг.

Таблица 5

Наименование показателя	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество пожаров, тыс. ед.	202	187,6	179,5	168,5	162,9	153,5	150,8	145,6
в городах	130	116,5	109,8	103,9	99,3	93,1	89,6	86,4
в сельской местности	72	71	69,8	64,7	63,7	60,4	61,2	59,2
Прямой материальный ущерб от пожаров, млрд руб.	12,2	11,2	14,6	18,1	15,7	14,9	18,2	18,8
в городах	8,2	7,3	7,1	12,8	10,9	9,1	12,5	11,5
в сельской местности	4,0	3,9	7,5	5,33	4,8	5,8	5,7	7,31
Количество погибших при пожарах людей, чел.	15 301	13 946	13 061	12 019	11 652	10 601	10 138	9377
в городах	8432	7363	6807	6143	5812	5211	4964	4543
в сельской местности	6869	6583	6254	5876	5840	5390	5174	4834
Количество травмированных при пожарах людей, чел.	12 887	13 269	13 117	12 516	12 229	11 132	10 997	10 920
в городах	8887	9151	8965	8570	8364	7575	7475	7076
в сельской местности	4000	4118	4152	3946	3865	3557	3522	3844

хождения в неисправном состоянии соответствующих систем пожарной автоматики.

В крупных городах своевременное прибытие пожарных подразделений к месту пожара зачастую определяется загруженностью дорожной сети.

При осуществлении государственного пожарного надзора за соблюдением требований пожарной безопасности основной упор делается на крупные промышленные предприятия, учреждения с массовым пребыванием людей и другие особо опасные объекты. Жилые и иные помещения, а также земельные участки граждан остаются зачастую вне указанного контроля.

Между тем в развитых странах функции пожарного надзора выполняют страховые компании. Любому лицу никогда не удастся застраховать жилище или другую собственность, если им не соблюдаются правила пожарной безопасности и игнорируются вопросы оснащения своего жилья средствами противопожарной защиты. И такое положение в этих странах стало неотъемлемой частью быта горожан и сельских жителей.

К сожалению, российская действительность такова, что и экспертиза противопожарного состояния страхуемого объекта, и соответственно стимулирование страхователей, вкладывающих средства в противопожарную защиту страхуемых объектов, начисто отсутствуют. Поэтому так важно подчеркнуть, что не допускать возникновения пожаров, а также встречать любой пожар во всеоружии — обязанность и долг не только пожарных, но и каждого российского гражданина.

В России долго подходили к проблеме организации противопожарного страхования как экономического рычага влияния на собственников объектов. Ежедневно в Российской Федерации происходит более 400 пожаров и, к сожалению, при них гибнет порядка 30 чел. И здесь важнейший шаг — введение механизма обязательного противопожарного страхования.

В 1994 г. был принят Федеральный закон № 69-ФЗ «О пожарной безопасности», ст. 28 которого предусматривала, что *противопожарное страхование* может проводиться и в добровольном, и в обязательном порядке. Однако в 2004 г. этот закон был приведен в соответствие с Гражданским кодексом РФ и ст. 28 утратила силу. После пожара

в клубе «Хромая лошадь» (Пермь, 2009 г., с гибелью 156 чел.) был срочно разработан законопроект о введении в России обязательного противопожарного страхования, но он так и не был принят.

Введение обязательного страхования имущества противоречит Гражданскому кодексу РФ (ст. 935) — законом не может быть возложена обязанность страхования собственного имущества. *Для введения обязательного противопожарного страхования имущества необходимо изменить Гражданский кодекс РФ.*

В России лишь 5—10% имущества физических и юридических лиц застраховано от огневых и иных рисков. При этом оценить объем именно противопожарного страхования сложно — чаще предлагаются программы комплексного страхования от огневых и иных видов рисков.

В связи с низким уровнем развития страхования имущества государство вынуждено ежегодно выделять из бюджета значительные средства на компенсации за погибших на пожарах, оплату лечения пострадавшим и оказание материальной помощи на восстановление жилья.

Уровень противопожарного нигилизма российских граждан чрезвычайно высок. По статистике до 70% пожаров в России возникает по причине неосторожного обращения с огнем в быту — это непотушенные сигареты, неисправные отопительные приборы и так далее. Что характерно, ежегодно 60—65% от общего числа погибших на пожарах находились в состоянии алкогольного опьянения, а в праздничные дни, по данным МЧС России, этот показатель возрастает до 90—95%.

Среди многочисленных причин пожаров в процентном отношении пальма первенства в течение многих лет остается за неосторожным обращением с огнем — от 40 до 50%, далее следуют неисправность оборудования — 24% и печное отопление — 12%. Последняя цифра — это показатель пожарной обстановки на селе. В деревнях и селах живет около четверти населения страны, а ущерб от пожаров составляет там более половины от общей величины материальных потерь. Пожары на селе возникают чаще и людей там гибнет больше, чем в городах.

Численность сельского населения на 1 января 2015 г. составила 38,2 млн чел. с учетом сельского населения в Крымском федеральном округе

(961,4 тыс. чел.). Процент сельского населения постоянно уменьшается. Несмотря на то что в больших городах концентрация населения и материальных ценностей выше, чем в сельской местности и небольших городах, тем не менее в последних пожарная обстановка хуже [8].

В структуре сельского расселения преобладают малочисленные сельские населенные пункты. По данным Всероссийской переписи населения 2010 г., из 153 тыс. сельских населенных пунктов 12% не имеют постоянного населения, а две трети имеют население менее 200 чел. Сельские населенные пункты с численностью жителей более 2 тыс. составляют около 2%.

Количество сельских населенных пунктов, не соединенных дорогами с твердым покрытием, на 1 января 2011 г. составляло порядка 45 тыс., из них в 35,2 тыс. населенных пунктов (78% общего количества таких населенных пунктов) проживало от 0 до 50 чел. В сельской местности пожарные подразделения (в отличие от городских подразделений) имеют меньшую численность личного состава и больший по площади район обслуживания. Среднее время следования на пожар более чем в 2 раза превышает показатель для городов. Среднее время локализации приблизительно на 3—5 мин, а ликвидации на 5—10 мин больше, чем у городских пожарных подразделений, пожарные подразделения прибывают на пожар в сельской местности в среднем через 13 мин (за это время пожар может принять достаточно большие размеры). Большинство людей погибает в первые 5—6 мин развития пожара, т.е. в промежуток времени от момента начала возникновения пожара до прибытия подразделений.

Состояние пожарной безопасности на селе во многом определяется его социально-экономическим положением. Федеральным законом Российской Федерации от 06.10.2003 № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» в соответствии со ст. 14 определены более 30 полномочий, которые закреплены за органами местного самоуправления. С одной стороны, есть полномочия, а с другой — есть бюджет. В каждом муниципальном образовании есть социальная инфраструктура, которая находится на балансе, и зачастую половина средств уходит на содержание администрации. На жизнеобеспече-

ние поселения, содержание и эксплуатацию ЖКХ, на меры противопожарного обеспечения остается чрезвычайно мало денег, ведь более 60% сельских поселений являются дотационными.

Финансовое обеспечение мер первичной пожарной безопасности в границах муниципального образования, в том числе добровольной пожарной охраны, в соответствии с Федеральным законом «О пожарной безопасности» является расходным обязательством муниципального образования. Органы местного самоуправления должны строить пожарные депо и создавать подразделения пожарной охраны, для того чтобы выполнять обязательные требования нормативного времени прибытия первого пожарного подразделения, а также обеспечивать беспрепятственный проезд пожарных автомобилей путем строительства новых дорог и выделения разделительных полос для спецтехники.

Своевременное прибытие пожарных подразделений к месту возгорания является залогом возможности спасения человеческой жизни и успешного тушения пожара. Практика расчетов на сегодняшний день показывает: для того, чтобы выполнить установленный норматив по прибытию в городах, радиус выезда должен составлять примерно 3,8 км, а в сельских населенных пунктах 11,7 км. Но, как правило, эти цифры совсем не совпадают с реальностью.

В сельской местности почти нет противопожарных водопроводов, поэтому используются естественные источники: реки, озера, а к ним нужно строить подъездные дороги, пирсы. Дороги и подъезды к источникам противопожарного водоснабжения должны обеспечивать проезд пожарной техники к ним в любое время года. В зимний период на водоемах поселения необходимо устраивать незамерзающие проруби для обеспечения заполнения пожарных автомобилей водой при тушении пожаров.

Ни одна страна в мире не может позволить себе организацию профессиональной пожарной службы в каждом населенном пункте. Решением проблемы может стать развитие добровольной пожарной охраны (ДПО). Для создания общественного объединения добровольной пожарной охраны в соответствии с законодательством достаточно трех человек.

При этом для организации круглосуточного дежурства боееспособной пожарной команды с пожарной машиной необходимо не менее 12 чел., не считая руководителя и финансового работника.

Выдвигаются предложения о создании пожарной охраны для 10—15 таких населенных пунктов — «оперативных зон», если это возможно по географическим условиям. Для создания таких зон нужны достаточно высокая плотность населения и сравнительно небольшие расстояния между населенными пунктами. Обслуживать эти «оперативные зоны» в противопожарном отношении должна добровольная пожарная охрана.

Для успешной борьбы с пожарами на селе нужны дороги, водоснабжение и культура безопасности. Из всех сельских дорог 697 тыс. км имеют твердое покрытие — это 76,8% от общего числа. То есть 210 тыс. км автодорог в сельской местности не имеют даже щебеночно-гравийного покрытия.

5. Пожары в общественных зданиях

Пожары в общественных зданиях имеют большой общественный резонанс, поскольку часто сопровождаются массовой гибелью людей. В общественных зданиях происходит около 7% пожаров от общего количества пожаров в Российской Федерации, при этом погибает в среднем от 6 до 7% всех погибших на пожарах [9]. По причинам пожаров в общественных зданиях в среднем за последние годы основное место занимают пожары от неосторожного обращения с огнем — 36,5% от всех пожаров в общественных зданиях. По причине нарушения правил эксплуатации электрооборудования и бытовых электроприборов возникло 32,4% всех пожаров. Поджоги составляют 10,2% от всех пожаров.

Особенно остро стоят вопросы обеспечения безопасности при пожаре инвалидов и людей пожилого возраста в местах их сосредоточения — зданиях учреждений социального обслуживания граждан пожилого возраста, в которых проживает более 100 тыс. чел. Показатели гибели людей в этих учреждениях в несколько десятков раз превосходят допустимые. Основной причиной гибели людей в большинстве случаев является то, что они не смогли своевременно, в необходимое время покинуть горящее здание.

В ночь на 9 декабря 2006 г. загорелся один из корпусов наркологической больницы № 17 на Болотниковской улице в Москве. Погибли 45 чел.

20 марта 2007 г. Пожар в доме-интернате для престарелых в станице Камышевской Краснодарского края, погибли 63 чел.

4 ноября 2007 г. вспыхнул пожар в доме престарелых в пос. Велье-Никольское в 30 км юго-западнее Тулы. Погибли 32 чел.

31 января 2009 г. произошел пожар в доме-интернате для престарелых в с. Подъельск в Республике Коми. В результате пожара погибли 23 чел.

13 декабря 2015 г. при пожаре в психоневрологическом интернате № 74 в с. Алферовка Воронежской области погибли 23 чел.

Основными причинами трагических последствий на пожарах явились:

- длительное скрытое развитие пожара, обусловленное отсутствием системы сигнализации в помещении, где находился очаг пожара;
- несвоевременное сообщение о пожаре в пожарную охрану (задержка иногда достигала 30—40 мин);
- удаленность пожарных подразделений от места пожара и плохие дорожные условия;
- преклонный возраст и болезненное состояние проживающих в интернатах, исключающие возможность их самостоятельной эвакуации;
- малочисленность обслуживающего персонала, способного обеспечить эвакуацию проживающих.

В субъектах Российской Федерации размещено более 8500 объектов компактного проживания престарелых людей, инвалидов и детей.

6. Состояние пожарной автоматики

Сложившаяся во всем мире пожароопасная обстановка требует кардинальных мер по уменьшению частоты реализации пожароопасных ситуаций. Одним из способов решения является применение автоматических систем обнаружения пожаров. Предназначение данных систем заключается в способности раннего обнаружения пожароопасной ситуации и выдачи соответствующей информации (извещения) о возгорании [12].

С каждым годом увеличивается количество объектов, на которых были выполнены работы по мон-

тажу установок пожарной автоматики (УПА). Наиболее оснащенными являются производственные здания, а довольно низкий уровень — в жилых зданиях (несколько процентов). Жилой сектор, в котором гибнет максимальное количество людей, практически не обеспечен техническими средствами для своевременного обнаружения загораний и передачи информации о пожаре. Это не позволяет вовремя оповестить пожарные части.

Недостаточная надежность УПА, а часто и плохое техническое обслуживание увеличивают вероятность превращения возникающих пожаров в крупные и даже катастрофические. Как показывают исследования, из-за дефектов производства возникает до 15% различных отказов пожарной автоматики.

В 2014 г. общее число ложных вызовов подразделений ФПС МЧС России составило 229 460, то есть 1 вызов примерно каждые 2 мин (в 2,3 раза чаще, чем на пожары). Затраты на обслуживание ложных вызовов составляют ежегодно более 2 млрд руб. При этом каждый десятый ложный вызов — это ложное срабатывание сигнализации [4].

Статистические данные отражают следующие состояния систем пожарной автоматики: *задачу выполнила* — означает, что система была исправна и работоспособна; *задачу не выполнила* — система была исправна, но неработоспособна; *не сработала* — система находилась в неисправном состоянии;

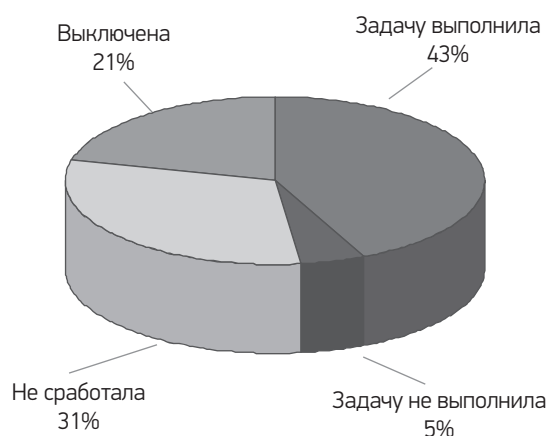


Рис. 2. Работоспособность установок пожарной автоматики в целом за период с 1995 по 2005 г.

выключена — система работоспособна, но в силу сложившихся обстоятельств по каким-то причинам была отключена. Результаты обработки массива статистических данных приведены на рис. 2.

Данные свидетельствуют, что количество случаев на объектах, на которых система пожарной автоматики не выполнила свою задачу, имеет тенденцию к росту.

На основании ежегодных анализов исследования пожаров, произошедших на территории нашей страны, на объектах, оборудованных системами противопожарной защиты, в среднем в 30% случаев существующие системы не выполнили свою основную функцию. Низкий уровень эффективности срабатывания систем противопожарной защиты на данных объектах не позволил своевременно, на ранней стадии обнаружить возникновение пожаров, что привело к их позднему выявлению и значительному развитию. Последствиями этого стали причиненный материальный ущерб, а в ряде случаев и гибель людей.

Повышенный интерес к противопожарной защите и мероприятиям объясняется частыми пожарами. Все объекты жизнедеятельности человека стали активно оснащаться системами пожарной сигнализации. Спрос, как известно, рождает предложение. Рынок насытился многообразием фирм по их установке. В итоге низкоквалифицированные специалисты, зачастую не имеющие специального образования и опыта работы, ринулись монтировать и обслуживать системы пожарной сигнализации, используя при этом дешевые и ненадежные технические средства обнаружения пожара. Для сложных энергонасыщенных объектов соотношение ложных срабатываний на пожар и количества выявляемых пожароопасных ситуаций может в среднем достигать 1/300 за год.

Особую опасность представляют случаи ложного срабатывания УПА в местах большого скопления людей. В августе 2010 г. произошло ложное срабатывание УПА и была включена система газового тушения пожара в расчетно-кассовом центре банка в Подольске, в результате чего есть пострадавшие и погибшая. Вызвавшая трагедию в Подольске противопожарная система в августе 2010 г. схожа с той, что погубила 20 чел. на АПЛ «Нерпа» во время ходовых испытаний в ноябре 2008 г.

12 августа 2012 г. вечером на Останкинской телебашне в Москве произошло ложное срабатывание газовой системы пожаротушения. В результате срабатывания системы пожаротушения погиб инженер.

7. Фальшивые огнетушители

Еще одной бедой пожарной безопасности России стали *фальшивые огнетушители* [http://tek.securitymedia.ru/news_one_2234.html].

80% огнетушителей, используемых в России, могут оказаться муляжами. Общий объем их серого рынка составляет более 100 млрд руб. Такие данные имеет Общественная организация малого и среднего бизнеса «Опора России». Десятки экспертиз, которые провела ассоциация производителей пожарно-спасательной продукции, привели к шокирующим результатам. Большая часть огнетушителей — фальшивки. Просто муляжи, которые в ситуации реального ЧП в лучшем случае окажутся бесполезными. В худшем они будут выдувать некий порошок, который вместо гашения пламени разнесет его еще больше. Собственно, как это и было при пожаре в казанском ТЦ «Адмирал» 11 марта 2015 г.

Отдельная тема — автомобильные огнетушители. Их рынок колоссален, ибо они должны быть в каждой машине. Но тоже сплошь и рядом фальшивки. В результате пожары после ДТП невозможно затушить. Времени в обрез: по статистике салон легковушки выгорает за полторы минуты!

Некоторые эксперты видят проблему в сертификации огнетушителей. Единого органа, который ее должен проводить, у нас нет. Сертификацией занимаются все кому не лень — можно договориться дешево и сердито. От того и веры сертификатам никакой нет. При этом пожарные инспекторы этой бумажке должны верить, ибо самим проверять огнетушитель у них ни полномочий, ни возможности нет.

Комитет Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП) по техническому регулированию, стандартизации и оценке соответствия совместно с Ассоциацией производителей пожарно-спасательной продукции и услуг «Союз 01» провели IV Общероссийскую конференцию «Пожарно-спасательная индустрия России 2015: Контроль качества пожарно-технической продукции — важ-

ный фактор обеспечения безопасности граждан России». Участники форума пришли к выводу, что более половины огнетушителей, противопожарных дверей и других аналогичных средств защиты от огня, продающихся сегодня в России, являются муляжами или не отвечают характеристикам, указанным в сертификатах. В стране в настоящее время отсутствует орган, который бы обладал полномочиями и компетенцией, чтобы поставить заслон потоку поступающего на рынок фальсификата.

Почему горим?

Гигантская страна при слабой разветвленности дорожной сети с плохим покрытием, особенно в сельской местности, недостаточное финансирование мероприятий противопожарной защиты, низкая оснащенность жилого фонда средствами противопожарной защиты при отчаянной пожарной беспечности россиян (пожарный пофигизм) в совокупности с алкоголем и курением.

Проблема огромных жертв на пожарах в России — это проблема не только властей и бизнеса, но и каждого из нас.

8. Природные пожары

На долю природных пожаров, к числу которых относят лесные, степные, торфяные и различные их комбинации, и вызываемых ими чрезвычайных ситуаций в России приходится в среднем 24% от всех ЧС природного характера. Наиболее распространенными являются лесные пожары.

*Что о пожарах рассказать...
Не дай вам Бог там побывать.
Когда кругом весь лес горит,
Дым белый свет собой затмит.*

Валентина Кардинаина

8.1. Лесные пожары

«Лесной пожар — пожар, распространяющийся по лесной площади» (ГОСТ 17.6.1.01-83).

Согласно Лесному кодексу Российской Федерации (ст. 52) к лесным пожарам относятся «*пожары в лесах, расположенных на землях лесного фонда, землях обороны и безопасности, землях особо охраняемых природных территорий*». Это означает, что пожары в лесах или лесополосах, расположенных на землях других категорий (например, на землях сельскохозяйственного назначения или на землях

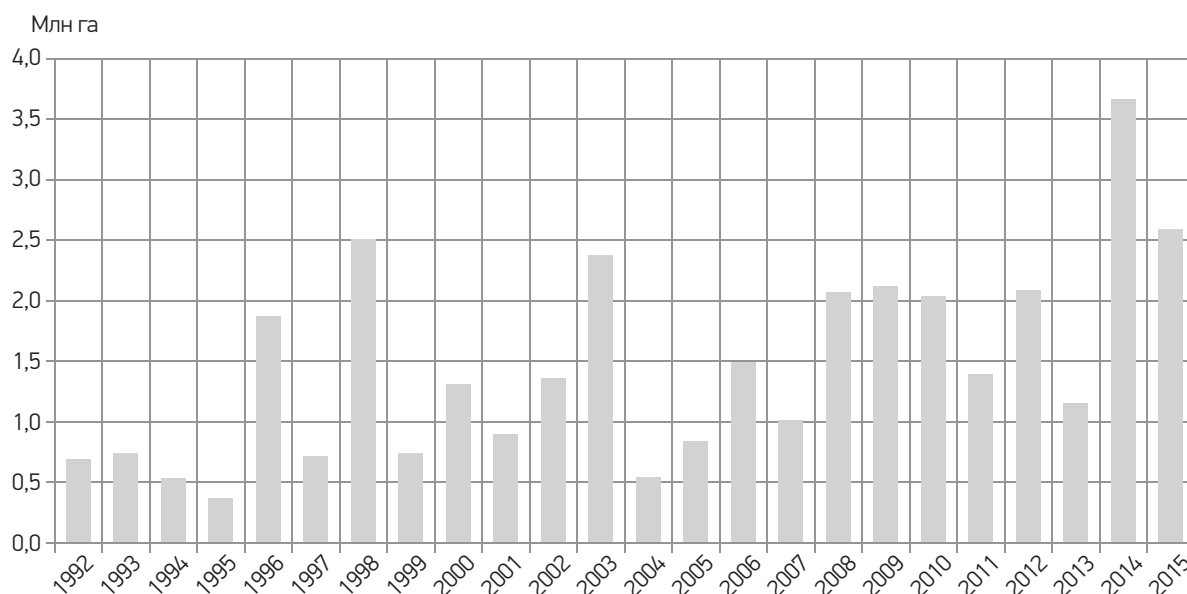


Рис. 3. Площади лесных пожаров за 1992—2015 гг.

поселений), не считаются по лесному законодательству лесными пожарами, и за борьбу с ними органы управления лесами и лесохозяйственные организации не отвечают.

На активно охраняемой территории лесного фонда России ежегодно регистрируется от 10 до 35 тыс. лесных пожаров, охватывающих площади от 0,5 до 2,5 млн га. С учетом горимости лесов на неохранных и эпизодически охраняемых территориях северных районов Сибири и Дальнего Востока общая величина пройденной огнем площади ежегодно составляет от 2,0 до 5,5 млн га. На рис. 3 отражены площади лесных пожаров за 1992—2015 гг.

Лесные пожары в России давно переросли рамки бедствия, результаты которого ощущает лишь лесной комплекс страны. Они превратились в общенациональную социально-экономическую проблему. Тем более ощутимыми могут быть их последствия для регионов с насыщенной инфраструктурой нефте- и газодобычи и транспортировки. Уже в XXI веке на территории Российской Федерации лесные пожары неоднократно угрожали критически важным объектам.

Сегодня лесные пожары угрожают около 10 тыс. населенных пунктов. Во многих из них нет пожарной охраны. А подразделения государствен-

ной противопожарной службы расположены в лучшем случае в 15—20 км.

Лесопожарные сезоны в России начинаются еще в весенний период (март-апрель), а иногда и раньше. Продолжительность пожароопасного сезона в лесном фонде России в зависимости от погодных условий составляет 140—193 дня.

Борьба с этим стихийным бедствием, и в первую очередь раннее обнаружение пожаров и мониторинг их развития, является исключительно актуальной задачей, особенно с повышением глобальной температуры. Увеличение средней температуры пожароопасного сезона на один градус будет сопровождаться ростом числа и площади лесных пожаров на 7,5%. По сценарию изменения климата, основанному на модели общей циркуляции атмосферы GDFL, длительность пожароопасного сезона в среднем широтном поясе России увеличивается на 50—60 дней, т.е. на 30—40%. В южном и северном широтных поясах она возрастет соответственно на 60—70 и 30—50 дней, т.е. на 30—35% и 30—50% [<http://m.dp.ru/Article/d7363c85-2e8d-4da2-ac1e-fff37a4298be>].

По данным Рослесхоза, в среднем размер ущерба от горящих лесов составляет 20 млрд руб. ежегодно, из них от 3 до 7 млрд — это ущерб лесному хозяй-

ству от потери древесины. Рекордным по масштабам нанесенного урона стал 2010 г., когда в огне погибло более 60 чел., а ущерб превысил 85 млрд руб. В 2012 г. сгорело на корню 64,3 млн куб. м леса, в 2003 — 68,4 млн куб. м, а в 2010 — 93,1 млн куб. м.

11 апреля 2013 г. в Улан-Удэ под председательством Президента России В. Путина прошло заседание Госсовета о повышении эффективности лесного хозяйства, на котором прямо говорилось, что потери от лесных пожаров превышают расходы на ведение лесного хозяйства. Системы достоверного статистического учета пожаров на природных территориях в Российской Федерации пока нет. Данные о площадях лесных пожаров в масштабах страны искажаются в 5—7 раз. По данным, которые содержатся в докладе, площадь пожаров в 2012 г. — чуть более 2 млн га, а по данным Российской академии наук, дистанционного зондирования, не менее 10 млн га. Такой разброс в информации не позволяет принять правильные управленческие решения, ведет к недооценке угроз, принятию несвоевременных и неадекватных мер по борьбе с пожарами.

Особенно масштабны лесные пожары на территории Сибирского региона, где расположено примерно 40% лесов России, имеющих глобальную экологическую значимость и являющихся важнейшим фактором регулирования и стабилизации окружающей среды. Здесь ежегодно возникают от 5 до 20 тыс. пожаров на площади от нескольких сот до нескольких миллионов гектаров. Ежегодно лесные пожары угрожают примерно 4 тыс. населенных пунктов Сибирского региона, расположенных в лесах или к ним примыкающих. В этих поселениях проживает более 2 млн чел., насчитывается более 600 тыс. жилых построек.

Общая площадь лесных пожаров в 2015 г. составила 2,6 млн га, в том числе в Забайкальском крае — 936 тыс. га, в Республике Бурятия — 739 тыс. га, в Иркутской области — 405 тыс. га. Основной причиной пожара признано сжигание сухой травы, то есть человеческий фактор.

При лесных пожарах практически не учитывается экологический фактор. Определяются только прямые потери от воздействия пожаров — только то, что сгорело. Такого рода статистика не учитывает серьезные последствия пожаров, связанные с за-

дымлением целых регионов. Выбросы от лесных, степных и торфяных пожаров влияют на жизнь и здоровье людей и животных, мешают транспортному сообщению, использованию территорий в рекреационных целях и т.д. Такого рода потери для экономики и экологии страны значительно превосходят прямой ущерб, полученный в результате сгорания имущества и древесины. В результате сгорания органических материалов с этих площадей ежегодно выделяется от 14,0 до 40,0 Мт углерода.

Согласно терминологии МЧС катастрофическим считается лесной пожар, охвативший площадь более 2000 га, либо пожар меньшего размера, если в результате пострадали люди или он нанес значительный экономический или экологический ущерб. Даже небольшой по площади пожар может стать катастрофическим, если ему удалось прорваться в населенный пункт или, например, на территорию заповедника.

Катастрофические пожары возникают не только в нашей стране. По данным Министерства сельского хозяйства США, в 2015 г. лесные пожары выжгли огромную территорию — 4,09 млн га. Этот показатель превысил прежний рекорд, зафиксированный в 2006 г., — 4 млн га. Зарегистрировано свыше 20 крупных пожаров, каждый из которых бушевал на площади более 40 тыс. га. В 2015 г. огонь уничтожил более 4500 домов и других построек, в борьбе с ним погибли 13 пожарных. Лесная служба США потратила на тушение пожаров более 2,6 млрд долларов [<http://www.vnovomsvete.com/articles/2016/01/28/lesnye-pozhary-nanesli-bolshoy-uron.html>].

В борьбе с огнем гибнут и пожарные России. Так, при тушении лесного пожара в Бай-Тайгинском районе Тувы в июне 2012 г. погибли 8 парашютистов-десантников.

Пожары в России тушат примерно такими же средствами, как и в развитых странах, — ручными средствами, техникой (специальными машинами, тракторами, поездами и авиацией), а также с помощью встречных палов. Наши технические средства пожаротушения в целом не уступают зарубежным аналогам. Основная проблема — в системном недофинансировании работ, связанных с мониторингом и борьбой с пожарами, а в еще большей степени — с профилактикой, агитацией и пропагандой. К со-

жалению, власти обращают внимание на проблему природных пожаров только после гибели десятков людей или полного задымления столицы (как это было в 2010 г.).

Авиалесоохрана и сегодня остается единственной российской службой, осуществляющей мониторинг, в т.ч. космическими средствами, и ликвидацию лесных пожаров в труднодоступных районах [aviales.ru].

Вся площадь лесного фонда разделена на зоны наземного, авиационного и космического мониторинга. На зону наземного мониторинга приходится всего 88 млн га. На зону авиационного — более 480 млн га, космического — более 560 млн га. Таким образом, большая часть активно охраняемой площади лесного фонда находится в зоне ответственности авиалесоохраны в лице летчиков-наблюдателей, парашютистов-пожарных и десантников-пожарных.

ФБУ «Авиалесоохрана» обеспечивает координацию привлечения ресурсов пожаротушения. В соответствии с приказом Рослесхоза от 20 марта 2014 г. № 83 в План на 2014 г. в состав сил пожаротушения были включены 3171 чел., в том числе 56 летчиков-наблюдателей, 435 парашютистов-десантников, 924 десантника-пожарных, 917 постоянных работников наземных служб пожаротушения (лесные пожарные) и 410 временных работников наземных служб пожаротушения (лесные пожарные).

8.2. Торфяные пожары

По данным государственного земельного учета, бо́льшими занято 140,8 млн га, что составляет более 8% территории страны. Катастрофические торфяные пожары в XXI веке происходят в России ежегодно: в 2010 г. — в Европейско-Уральской зоне России и Западной Сибири, в 2011 г. — на Европейском Севере, в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке, в 2012 и 2013 гг. — в различных регионах Сибири и Дальнего Востока. В 2014 г. в Европейско-Уральской зоне России весной обнаружено около тридцати торфяных пожаров, возникших в результате палов сухой травы. В 2015 г. масштабные торфяные пожары происходили в Республике Бурятия и Иркутской области [13, 14].

Особая опасность торфяных пожаров связана со следующими обстоятельствами.

Во-первых, торфяные пожары выделяют во много раз больше дыма в пересчете на единицу площади действующего пожара, чем лесные. Дым от природных пожаров крайне опасен для людей с заболеваниями сердечно-сосудистой системы и органов дыхания, его высокая концентрация может вести к увеличению смертности. Дым от крупных торфяных пожаров в концентрации, опасной для здоровья, может распространяться на расстояние до нескольких сотен километров.

Во-вторых, торфяной пожар способен действовать очень долго, часто и в зимнее время, а потушить его, если это не было сделано на самой ранней стадии, чрезвычайно сложно. Действующие торфяные пожары отвлекают большие силы от борьбы с вновь возникающими лесными пожарами.

В-третьих, во многих регионах России осушенные торфяники и заброшенные торфяные месторождения в прошлом в первую очередь отдавались под садово-дачные товарищества как самые бесполезные для государства земли. В таких условиях торфяные пожары могут представлять чрезвычайную угрозу, связанную не только с дымом, но и непосредственно с огнем, для огромного количества людей одновременно.

Торфяные пожары чаще всего бывают в местах добычи торфа, возникают обычно из-за неправильного обращения с огнем, от разрядов молнии или самовозгорания. Торф склонен к самовозгоранию, которое может происходить при температуре выше 50 градусов (в летнюю жару поверхность почвы в средней полосе может нагреваться до 52—54 градусов).

Торфяные пожары поддаются тушению только при своевременном обнаружении. Задача выявления всех торфяных пожаров на ранних стадиях их развития очень сложна. Единственным надежным способом своевременного обнаружения торфяных пожаров является регулярное наземное патрулирование. Главным способом тушения подземного торфяного пожара является окапывание горячей территории торфа оградительными канавами. Канавы копают шириной 0,7—1,0 м и глубиной до минерального грунта или грунтовых вод. При проведении земляных работ широко используется специальная техника: канавокопатели, экскаваторы, бульдозеры, грейдеры, другие машины, пригодные для этой работы.

Общая площадь осушенных торфяников в России составляет не менее 5 млн га. По данным ВНИИ торфяной промышленности, лет 15—20 назад в России еще добывалось 54 млн т торфа, из них в Подмосковье — около 2 млн т. Но добыча практически была свернута, а торфоразработки с их инфраструктурой в большинстве своем давно заброшены. Это все равно что оставить без присмотра пороховой завод, говорят специалисты.

Органа государственной власти, который бы в полной мере отвечал за то, чтобы торфяники не горели, а дым от торфяных пожаров не отравлял жителей страны, в Российской Федерации нет. Ответственность за обеспечение пожарной безопасности на торфяниках рассредоточена между разными уровнями власти, министерствами, ведомствами и иными организациями, при этом далеко не всегда в принципе можно определить, кто за что отвечает.

В последние годы с проблемой массовых торфяных пожаров сталкивается все больше регионов России. Увеличение частоты малоснежных зим и летних засух в сочетании с широким распространением практики выжигания сухой травы привело к значительному росту их количества и масштабов. Наиболее опасны торфяные пожары в зоне радиоактивного загрязнения — «чернобыльского следа». Здесь при тлении загрязненного торфа часть радиоактивных веществ повторно выбрасывается в атмосферу и попадает в организм человека с вдыхаемым дымом.

8.3. Степные пожары

Степи занимают около 20% суши. Самый большой по протяженности в мире степной биом — степи Евразии — находится на юго-западе территории России (европейская часть России и южные области Сибири) и в соседних с Россией странах Центральной Азии [15].

В настоящее время в России большая часть территории степей относится к землям сельскохозяйственного назначения. На отдельных участках, как правило изолированных, созданы государственные природные заповедники.

Понятие «степь» в российском законодательстве используется только в контексте лесов в степных регионах, отнесенных Лесным кодексом к категории ценных. Соответственно:

- степи не выделяются в законодательстве как отдельный предмет правового регулирования;
- со степными экосистемами не связано определение каких-то особых условий применения правовых норм;
- отсутствуют федеральные программы или стратегии, специально рассматривающие степи как особый объект управления и охраны.

Одной из проблем, актуальной для степи как природного объекта, являются пожары. Степной пожар носит мгновенный характер: сгорание проходит в очень короткое время и охватывает огромные территории. Причиной возгорания является чаще всего человеческий фактор. Горят пастбища, заброшенные поля, стерня.

Горючий материал в степях — растительный покров: трава, хлебные злаки и технические культуры, кустарники, камыш и др. Малонаселенность степей при больших расстояниях между населенными пунктами (100—200 км) и плохая связь не дают возможности своевременно обнаружить и ликвидировать пожар. При высоком и густом травяном покрове, сильном ветре и засушливой погоде скорость распространения пламени по высоким хлебам и травам достигает 500—600 м/мин.

Степные пожары заставили обратить на себя особое внимание в 2015 г. Пожары начались в Забайкальском крае, где 25 марта 2015 г. был введен режим ЧС. 12 апреля огонь охватил Хакасию. На следующий день лесные пожары зафиксировали в Красноярском крае. А 15 апреля пожары начались в Республике Бурятия. Во всех перечисленных регионах частично или полностью введен режим ЧС.

Одной из основных версий возникновения пожаров в Хакасии, как и в других регионах, называют неконтролируемый пал травы. Ситуация усугубилась ураганным ветром, который начался в республике в ночь с 11 на 12 апреля и способствовал стремительному распространению огня. В результате в регионе погибли 29 чел. Различную степень повреждения получили свыше 1400 частных жилых домов на территории 33 населенных пунктов в шести районах республики. Около 6 тыс. жителей региона остались без жилья. Власти Хакасии оценили ущерб от пожаров на сумму более 7 млрд руб.

8.4. Кто отвечает за охрану лесов и других природных территорий от пожаров

В России леса горят ежегодно на площади в несколько миллионов гектаров. Это индикатор невысокого уровня ведения лесного хозяйства. В 2007 г. вступила в силу последняя версия Лесного кодекса, настолько несовершенная, что поправки в нее вносятся каждый месяц, статьи противоречат друг другу, но это не спасает лес от бедственного положения.

После реформы Лесного кодекса власти оставили за собой лишь контрольные функции, а реальное управление лесами делегировали арендаторам лесного фонда. Первым делом уволили 83 тыс. лесников-обходчиков, сохранив всего 680 инспекторов в составе Росприроднадзора. С той поры в некоторых регионах воссоздавали лесную охрану, но в большинстве из них решили, что с охраной массивов справятся частные арендаторы.

Постановлением от 23 апреля 2013 г. № 366 Правительство РФ утвердило перечень должностных лиц, которые осуществляют федеральный государственный лесной надзор (лесную охрану), а также предельную численность этих должностных лиц в субъектах РФ, Рослесхозе и Росприроднадзоре. Общая численность должностных лиц лесной охраны в субъектах РФ определена в 18 925 чел., в территориальных органах Рослесхоза — 274 чел. и в территориальных органах Росприроднадзора — 550 чел. (для сравнения: десять лет назад общая численность должностных лиц государственной лесной охраны в Российской Федерации составляла около 100 тыс. чел.).

Таким образом, в России численность государственной лесной охраны составляет 18,9 тыс. чел. на 1,18 млрд га лесов. Для сравнения: в Беларуси численность штата лесной охраны составляет 19 тыс. чел. при площади менее 8 млн га. Кроме того, в нашей стране не созданы условия для инвестиций в правильное ведение лесного хозяйства, в том числе в охрану лесов от пожаров.

Система охраны природных территорий от пожаров в России сложна и запутанна. За участки разной ведомственной подчиненности, относящиеся к разным типам земель, находящиеся в разных формах собственности, отвечают разные структуры, взаимодействие между которыми оставляет желать лучшего. Многие положения действующих за-

конов и правил, касающиеся ответственности за охрану природных территорий от пожаров, допускают неоднозначное толкование. Более того — за разные элементы борьбы с лесными и торфяными пожарами на одной и той же территории нередко отвечают разные структуры, но практически никто не отвечает за конечный результат — за то, чтобы пожаров не было или чтобы наносимый ими ущерб был минимальным.

За охрану земель лесного фонда от пожаров и за тушение лесных пожаров на землях лесного фонда отвечают органы управления лесами (Рослесхоз в Московской области, региональные органы управления лесами в остальных регионах), при этом меры по противопожарному обустройству лесов, переданных в аренду, возлагаются на арендаторов.

За охрану лесов на землях обороны и безопасности и за тушение пожаров в них отвечает Минобороны России, за охрану лесов на землях особо охраняемых природных территорий федерального значения и тушение пожаров в них отвечает Минприроды России.

За осуществление мер пожарной безопасности на других природных территориях отвечают собственники земельных участков. За тушение пожаров, в том числе лесных и торфяных, вне земель лесного фонда, лесов на землях обороны и безопасности и лесов на землях ООПТ (особо охраняемые природные территории) отвечает МЧС России, за исключением единичных регионов, не заключивших с МЧС России соглашения о передаче полномочий в решении вопросов защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций.

За выработку государственной политики в области пожарной безопасности и защиты населения от ЧС, а также за управление и координацию в области защиты населения от ЧС, в том числе природного характера, отвечает МЧС России (п. 1 и 2 Положения о МЧС России, утвержденного Указом Президента РФ от 11 июля 2004 г. № 868).

Сфера действия Лесного кодекса России в явном виде не определена, но из ряда статей кодекса ясно, что его действие распространяется на земли лесного фонда, земли обороны и безопасности, земли особо охраняемых природных территорий и городские леса, хотя понятие «городские леса» действующим законодательством не определяется.

В соответствии со статьей 53.1 Лесного кодекса РФ меры противопожарного обустройства в лесах, переданных в аренду или постоянное (бессрочное) пользование, осуществляются пользователями этих участков, но лишь в той мере, в какой эти меры предусматриваются проектами освоения лесов. По действующему законодательству арендаторы лесных участков не отвечают за тушение лесных пожаров.

В случае если площадь лесного пожара превышает 25 га в зоне наземной охраны лесов или 200 га в зоне авиационной охраны лесов или продолжительность действия пожара превышает двое суток, пожар относится к чрезвычайной ситуации муниципального характера (Постановление Правительства РФ от 17.05.2011 № 376 «О чрезвычайных ситуациях в лесах, возникших вследствие лесных пожаров»). В этом случае обязанность по проведению аварийно-спасательных и других неотложных работ, за исключением тех, которые непосредственно связаны с тушением пожара, возлагается на органы местного самоуправления (ст. 11 Федерального закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»).

В случае если как минимум два из основных показателей пожарной опасности (количества лесных пожаров на миллион гектаров земель лесного фонда, доли крупных лесных пожаров, средней площади одного пожара и доли площади земель лесного фонда, пройденной пожарами) превышают среднепогодные значения (за предшествующие пять лет), должна вводиться чрезвычайная ситуация регионального характера.

С этого момента органы государственной власти субъектов РФ должны обеспечивать финансирование мероприятий в области защиты населения и территорий от ЧС, организацию и проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ, а при необходимости — обращаться за помощью к Правительству РФ (ст. 11 Федерального закона «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»). Полномочия органов государственной власти, связанные с ликвидацией чрезвычайных ситуаций регионального характера, могут передаваться МЧС России на основании специальных соглашений.

Таким образом, за организацию тушения пожаров на природных территориях, за исключением земель лесного фонда, лесов на землях обороны и безопасности и лесов на землях особо охраняемых природных территорий, в полной мере отвечает МЧС России. В числе прочего МЧС России отвечает за организацию тушения торфяных пожаров на землях бывших торфопредприятий, относящихся сейчас к землям запаса, в лесополосах и лесах на землях сельскохозяйственного назначения, в городских лесах и парках, в придорожной растительности на землях транспорта.

Для реализации задач по предупреждению и ликвидации ЧС в пожароопасный сезон на территории Российской Федерации уполномоченными государственными органами исполнительной власти субъектов РФ в области лесных отношений и органами местного самоуправления разрабатываются и утверждаются в установленном порядке планы тушения лесных пожаров (Постановление Правительства РФ от 17.05.2011 № 377), сводные планы тушения лесных пожаров на территории субъектов РФ (Постановление Правительства РФ от 18.05.2011. № 378), планы предупреждения и ликвидации ЧС, вызванных природными пожарами на территории субъекта РФ, муниципального образования [16].

МЧС России ежегодно разрабатывает планы предупреждения и ликвидации ЧС, вызванных природными пожарами на территории РФ, по которому привлекаемая группировка сил, в состав которой включаются силы и средства многих ведомств, превышает миллион человек и более 200 тыс. единиц техники. Кроме того, в составе Рослесхоза имеется более 1500 пожарно-химических станций.

Силы огромные, но природные пожары все также ежегодно терзают территорию России. Катастрофическое положение дел с пожарами на природных территориях России связано с целым комплексом различных причин как природного, так и административно-хозяйственного характера. К основным причинам, играющим решающую роль в возникновении и развитии катастрофических пожаров и задымления, относятся следующие [<http://www.forestforum.ru/viewtopic.php?t=16788>].

1. Нарастающие изменения климата, обуславливающие нарастание природной пожарной опасно-

сти во многих регионах России, увеличение продолжительности пожароопасного периода, количества и длительности засух.

2. Большое количество мертвой сухой древесины в лесах, в том числе в наиболее густонаселенных и транспортно доступных районах страны.

3. Обилие брошенных и заросших бурьяном земель сельскохозяйственного назначения в лесной зоне, фактически беспризорных, пожарная безопасность на которых никем не обеспечивается и с которых в леса приходит основное количество пожаров весной и в начале лета.

4. Разрушение Лесным кодексом 2006 г. экономических основ существования лесного хозяйства, невозможность обеспечения достаточной численности работников леса в рамках существующей системы лесных отношений. До введения Лесного кодекса 2006 г. лесное хозяйство было практически самодостаточной отраслью экономики, при этом в государственных лесохозяйственных организациях работало без малого 200 тыс. чел. Сейчас лесное хозяйство превращено в полностью зависящую от бюджетного финансирования отрасль, не способную прокормить себя, — несмотря на многократно выросшее бюджетное финансирование лесного хозяйства, количество работающих в нем людей сократилось за годы действия нового кодекса более чем втрое.

5. Перегруженность оставшихся работников леса всевозможной отчетностью, катастрофическая нехватка у них времени на работу в лесу.

6. Отсутствие правового статуса у значительной доли лесов, особенно в густонаселенных районах страны, и системы обеспечения пожарной безопасности в них (площадь никак не учтенных лесов, главным образом заросших сельхозугодий, составляет до 100 млн га). Пожары, возникающие и распространяющиеся в этих лесах, во многих случаях никто не тушит, пока они не перейдут границы тех лесных или земельных участков, за пожарную безопасность на которых кто-либо в явном виде отвечает. К этому времени пожары нередко приобретают уже такие масштабы, при которых справиться с ними практически невозможно.

7. Массовое распространение весенних травяных палов и отсутствие эффективных мер по противодействию палам сухой травы, стерни и тростника.

И только с принятием Постановления Правительства Российской Федерации от 10.11.2015 № 1213 установлен запрет на выжигание сухой травянистой растительности на землях сельскохозяйственного назначения и землях запаса, в полосах отвода автомобильных дорог и полосах отвода и охранных зонах железных дорог, путепроводов и продуктопроводов.

8. Практика сокрытия информации о пожарах на природных территориях и связанных с ними угрозах, ведущая к значительно замедленному реагированию на них со стороны органов государственной власти и местного самоуправления.

9. Отсутствие эффективной межведомственной координации в сфере борьбы с пожарами на природных территориях, разные подходы к обеспечению пожарной безопасности на землях разной собственности и ведомственной принадлежности.

10. Провалы в работе по созданию дееспособной добровольной пожарной охраны.

Заключение

Пожары в России — это традиционное национальное бедствие с давних времен. Еще в 1910 г. председатель специальной пожарной комиссии Государственной думы Российской империи Н.В. Жданов отмечал: «...Россия за 20 лет сгорает дотла» [http://otipb.ucoz.ru/publ/menedzhment_pozharnoj_bezopasnosti_promyshlennykh_predpriyatij/6-1-0-1117]. Возглавляемая им комиссия досконально исследовала проблемы пожарной безопасности в стране и предложила ряд мер по ее улучшению, которые, к сожалению, так и не были реализованы по ряду объективных и субъективных причин политико-экономического характера. Отметим, что и в Советской России проблема пожарной безопасности так и не была решена, что подтверждается большим количеством пожаров в СССР. В современной России эта проблема также чрезвычайно актуальна.

К двум постоянным напастям России — «дураки и дороги» можно смело приписать третью — «пожары».

Существующая в России система пожарной безопасности крайне неэффективна — страна продолжает находиться на 1-м месте по числу жертв пожаров на 100 тыс. чел. В России в огне пожаров

за 2001—2015 гг. погибло более 250 тыс. чел. — население целого областного центра.

По оценкам экспертов, за последние годы реальная величина ущерба от одного пожара выросла в 3 раза.

В настоящее время проблема обеспечения пожарной безопасности в России приобретает особую актуальность. Так, согласно статистическим данным, среднее число погибших от пожаров в Российской Федерации примерно на порядок выше, чем в развитых западноевропейских странах и США. Как и любую болезнь, пожар легче предупредить, чем заниматься его ликвидацией, требующей во многих случаях приложения поистине героических усилий часто с риском для жизни. Поэтому профилактика — главное направление борьбы с пожарами в любой сфере человеческой деятельности, и прежде всего на производстве и быту.

Литература

1. Международная ассоциация пожарно-спасательных служб. <http://www.ctif.org>
2. Электронная энциклопедия пожарной безопасности — wiki-fire.org
3. Обстановка с пожарами в мире и в России. http://rev-mo.ru/files/zashita_ot_CH_S/obstanovka_s_pozharami_v_mire.pdf
4. Сборник материалов Всероссийского сбора по подведению итогов деятельности РСЧС, выполнения мероприятий гражданской обороны в 2014 году и постановке задач на 2015 год.
5. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. Индивидуальный пожарный риск // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. Научный информационный сборник. 2013. № 5.
6. Зимонин А.А., Фирсов А.В., Бутенко В.М. Допустимый (приемлемый) индивидуальный пожарный риск — зарубежный и отечественный опыт // Интернет-журнал «Технологии техносферной безопасности» (<http://ipb.mos.ru/ttb>). 2014. Вып. № 5 (57).
7. Концепция федеральной целевой программы «Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 года» (утв. распоряжением Правительства РФ от 14 августа 2012 г. № 1464-р).
8. Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 2 февраля 2015 г. № 151-р.
9. Пожар в общественных зданиях. <http://gigabaza.ru/doc/83028.html>
10. Атлас риска пожаров на территории Российской Федерации: Научное издание / МЧС России; ред. С.К. Шойгу [и др.]. М.: Феория, 2011.
11. Фёдоров А.В., Ломаев Е.Н. Анализ статистических данных о работоспособности систем пожарной автоматики. <http://agps-2006.narod.ru/konf/2007/sb-2007/sec-107/20.1.07.pdf>
12. Концепция охраны и рационального использования торфяных болот России. http://www.chem.asu.ru/chemwood/volume7/2003_03/0303_005.pdf
13. Торфяные пожары. <http://pandia.ru/text/78/196/41653.php>
14. Анализ отечественного и зарубежного опыта управления пожарами в степях и связанных с ними экосистемах, в частности, в условиях ООПТ. http://savesteppe.org/project/docs/fires-in-steppe_review21012012.pdf
15. Методические рекомендации по организации работы органов управления РСЧС в пожароопасный период, 2015.

Сведения об авторе

Соколов Юрий Иосифович: старший научный сотрудник 6 Центра ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС России
Количество публикаций: более 200
Область научных интересов: риски ЧС и высоких технологий
Контактная информация:
Адрес: 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7
Тел. +7(495) 413-84-50
E-mail: soko-718@rambler.ru

УДК: 504+614.8(051.2)

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2016

Методический подход решения задачи оптимизации планов мероприятий по снижению риска чрезвычайных ситуаций

С. С. Коршунов,
В. М. Егоров,
ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) МЧС
России, г. Москва

Аннотация

В статье изложен методический подход решения задачи оптимизации планов мероприятий по снижению риска чрезвычайных ситуаций с одновременным обоснованием допустимых (приемлемых) размеров возможного ущерба для объектов экономики и территорий.

Ключевые слова: управление риском, чрезвычайные ситуации, защитные мероприятия, оптимизация, допустимый ущерб.

Содержание

Введение

1. Разработка плана мероприятий
2. Определение затрат на реализацию мероприятий
3. Определение возможного совокупного ущерба
4. Ранжирование вариантов, построение графика затрат
5. Определение величин оптимальных затрат и допустимого ущерба

Заключение

Литература

Введение

Управление риском — это основанная на оценке риска целенаправленная деятельность по реализации наилучшего из возможных способов уменьшения рисков до уровня, который общество считает приемлемым, при заданных ограничениях на ресурсы и время.

Как известно, эта деятельность основывается на системном подходе для принятия решений, выработки процедур и осуществления практических мер в целях предупреждения чрезвычайных ситуаций, уменьшения их масштабов и проведения защитных мер в ходе ликвидации их последствий.

В общем случае управление риском включает разработку и обоснование оптимальных программ деятельности, призванных эффективно реализовать решения в области обеспечения безопасности. Главный элемент этих усилий — процесс оптимального распределения ограниченных ресурсов, расходуемых для снижения различных видов риска в целях достижения такого уровня безопасности населения, социальных, политических и хозяйственных институтов, окружающей природной среды, какой только достижим в существующих реальных экономических и иных условиях [1—5].

Таким образом, в общем случае управление риском предполагает оптимизацию распределения ограниченных ресурсов. Вместе с тем для случаев, когда риск характеризуется устранимым (восполнимым) для общества возможным ущербом, представляется целесообразным предварительно определять оптимальную потребность в ресурсах (оптимальный объем финансирования мероприятий по снижению риска чрезвычайных ситуаций). В случаях, когда выделенные ресурсы окажутся меньше оптимальной потребности в них, следует переходить к процессу оптимального распределения ограниченных ресурсов.

Для решения задачи оптимизации планов мероприятий по снижению риска чрезвычайных ситуаций предлагается использовать достаточно простой пошаговый алгоритм.

1. Разработка плана мероприятий

Для объекта экономики или территории разрабатываются возможные варианты плана защитных мероприятий (превентивных и профилактических).

Нулевой вариант — защитных мероприятий нет (ущерб максимальный).

Последний вариант — наиболее эффективный с позиций минимизации возможного ущерба, но наиболее дорогостоящий с позиций осуществления защитных мероприятий. Например, перенос объекта или населенного пункта в безопасный район.

Ограниченное количество промежуточных вариантов (достаточно 5—7 вариантов).

В реальной действительности количество вариантов сочетания (комбинаций) защитных мероприятий $\rightarrow \infty$.

Обсчитать показатели всех возможных вариантов планов защитных мероприятий методом прямого счета невозможно, да и не требуется, имея в виду использование в дальнейшем оптимизационных методов.

2. Определение затрат на реализацию мероприятий

По каждому плану (варианту) формирования мероприятий рассчитываются затраты на реализацию мероприятий в ценах года реализации (завершения реализации):

$$Z_i^{\text{год}} = \frac{K_i}{C_{\text{сли}}} + \frac{Z_{\text{ани}}}{C_{\text{хри}}} + T_i, \text{ руб./год}, \quad (1)$$

где K_i — капитальные вложения, руб.;

$C_{\text{сли}}$ — сроки службы объектов капитального строительства, лет;

$Z_{\text{ани}}$ — стоимость создаваемых запасов, руб.;

$C_{\text{хри}}$ — сроки хранения материально-технических ресурсов, лет;

T_i — текущие расходы, включая эксплуатационные, руб./год;

i — индекс варианта;

$Z_i^{\text{год}}$ — среднегодовая величина затрат на реализацию защитных мероприятий при i -м варианте плана их формирования.

3. Определение возможного совокупного ущерба

По каждому варианту плана формирования защитных мероприятий определяется среднегодовая величина возможного совокупного ущерба при наиболее вероятном сценарии развития чрезвычайной ситуации в ценах года реализации (завершения реализации) мероприятий:

$$Y_i^{\text{год}} = Y_i \cdot \text{Ч}, \text{ руб./год}, \quad (2)$$

где Y_i — величина возможного совокупного ущерба при i -м варианте плана формирования защитных мероприятий (максимальный ущерб за минусом предотвращенного), руб.;

Ч — частота наиболее вероятного сценария развития чрезвычайной ситуации в год.

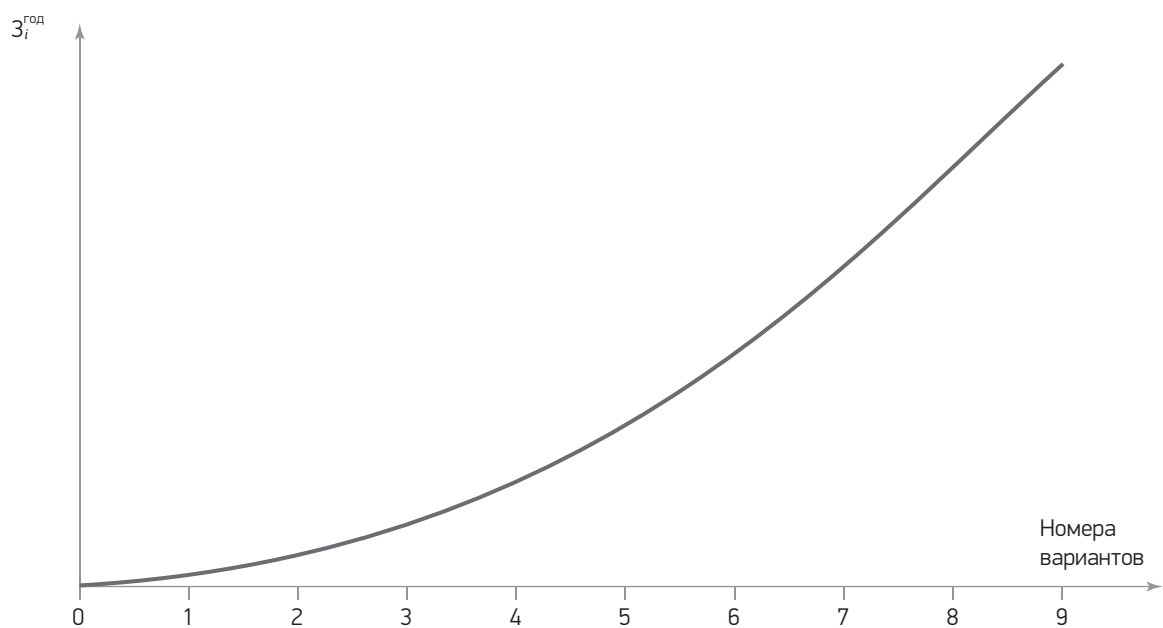
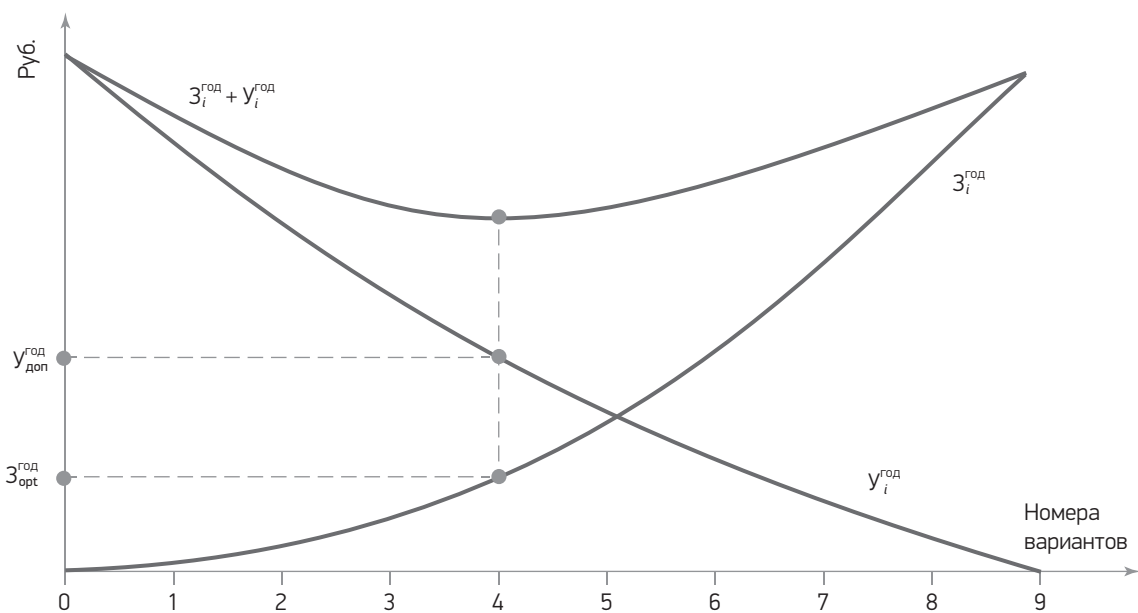
4. Ранжирование вариантов, построение графика затрат

Ранжируем разработанные варианты плана защитных мероприятий в порядке возрастания значений $Z_i^{\text{год}}$.

Откладываем значения $Z_i^{\text{год}}$ в прямоугольной системе координат (ось абсцисс — номера вариантов, ось ординат — значения $Z_i^{\text{год}}$, руб./год).

Используем метод экстраполяции (наименьших квадратов) [6, 7] и получаем выравненную кривую значений $Z_i^{\text{год}}$.

График функции $Z_i^{\text{год}}$ будет иметь примерный вид, показанный на рис. 1.

Рис. 1. График функции $Z_i^{\text{год}}$ Рис. 2. Графики функций $Z_i^{\text{год}}$, $y_i^{\text{год}}$, $Z_i^{\text{год}} + y_i^{\text{год}}$

5. Определение величин оптимальных затрат и допустимого ущерба

В аналогичной системе координат отмечаем значения $У_i^{\text{год}}$, соответствующие каждому из разработанных вариантов плана мероприятий.

Методом наименьших квадратов получаем выравненную кривую $У_i^{\text{год}}$.

Затем путем сложения выравненных значений $З_i^{\text{год}}$ и $У_i^{\text{год}}$ получаем кривую суммарных значений $З_i^{\text{год}} + У_i^{\text{год}}$.

Полученные в результате графики функций будут иметь примерный вид, показанный на рис. 2.

Нижняя точка кривой (минимум функции) $З_i^{\text{год}} + У_i^{\text{год}}$ соответствует:

- оптимальной величине затрат на проведение защитных мероприятий (потребность в финансировании);
- допустимой величине возможного ущерба.

Заключение

Изложенный методический подход позволяет решать задачи оптимизации планов мероприятий по снижению риска чрезвычайных ситуаций, а также обоснования допустимых (приемлемых) размеров возможного ущерба для объектов экономики и территорий.

Считаем необходимым отметить, что практическое использование предложенного методического подхода потребует его развития и детализации.

Литература

1. Акимов В.А., Новиков В.Д., Радаев Н.Н. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски. М.: Деловой экспресс, 2001. 344 с.
2. Акимов В.А., Радаев Н.Н. Методологический аппарат исследования природного и техногенного рисков // Безопасность жизнедеятельности. 2000. Вып. 2.
3. Акимов В.А., Радаев Н.Н. Проблемы управления риском: структуризация задач // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. 2000. Вып. 2.
4. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.
5. Акимов В.А., Богачев В.Я., Владимирский В.К., Новиков В.Д., Лесных В.В., Макеев В.А., Сорокин В.И., Шевченко А.В. Экономические механизмы управления рисками чрезвычайных ситуаций / МЧС России. М.: ИПП «Куна», 2004. 312 с.
6. Крутов В.И. Основы научных исследований: Учебник / Под ред. В.И. Крутова. М.: Высшая школа, 1989. 400 с.
7. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: Наука, 1987. 598 с.

Сведения об авторах

Коршунов Сергей Сергеевич: кандидат технических наук, старший научный сотрудник; ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и высоких технологий)

Количество публикаций: 21

Область научных интересов: защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, гражданская оборона, эксплуатация водного транспорта, безопасность дорожного движения

Контактная информация:

Адрес: 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7

Тел.: +7 (906) 033-11-63

E-mail: S-777@rambler.ru

Егоров Владимир Михайлович: младший научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (Федеральный центр науки и высоких технологий)

Количество публикаций: 1

Область научных интересов: защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, гражданская оборона, риск-ориентированный подход в контрольно-надзорной деятельности

Контактная информация:

Адрес: 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7

Тел.: +7 (495) 983-65-48, доб. 4840

E-mail: vniigochs7@mail.ru

УДК 331.4

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2016

Мероприятия, направленные на охрану труда строителей, включающие экспресс-мониторинг условий и безопасности труда, разработку технических средств, улучшающих условия труда

И. В. Алибекова,
К. С. Лактионов,
ФГБОУ ВО «Орловский
государственный аграрный
университет им. Н. В. Парахина»

Аннотация

В данной статье рассмотрены вопросы влияния аттестации рабочих мест (РМ) на производственный травматизм, профессиональную заболеваемость и заболеваемость с временной утратой трудоспособности (ВУТ) работников строительной отрасли. Показано, что помимо обучения по охране труда и других организационных мероприятий необходимо внести изменения в методику существующих средств мониторинга условий и безопасности труда, сделать их менее затратными и желательными экспресс-методами. Они в настоящей статье предлагаются.

Кроме того, предложены отдельные технические средства, улучшающие условия труда строителей.

Ключевые слова: безопасность, охрана труда, условия труда, мониторинг.

Содержание

Введение

1. Материалы и методики исследований
 2. Результаты исследований и их обсуждение
- Заключение
Литература

Введение

В наших исследованиях установлено, что наибольшая доля работников промышленного и гражданского строительства находится под воздействием повышенного уровня тяжести труда — 19,4%, повышенного уровня шума — 10,2%. Доля работающих, связанных с запыленностью и загазованностью воздуха рабочей зоны, около 2,5—2,6%.

Наиболее неблагополучные по частоте травматизма — Знаменский, Ливенский, Дмитровский, Хотынецкий, Болховский и Краснотурковский районы Орлов-

ской области. Коэффициент частоты травматизма в них в 1,8 раза выше среднеобластного, заболеваемость с ВУТ достигает 74,7 случая на 100 работников, что в 1,2 раза выше среднего показателя.

1. Материалы и методики исследований

Частота профессиональных заболеваний обнаруживает тесную корреляционную взаимосвязь с частотой травматизма $r = -0,76$ ($p < 0,02$) и с показателем заболеваемости с ВУТ $r = -0,85$ ($p < 0,05$).

Влияние мониторинга условий труда на показатели травматизма, профессиональной заболеваемости и заболеваемости с ВУТ оценивалось на примере аттестации рабочих мест (АРМ). В случае травматизма, профзаболеваний для обеспечения репрезентативной выборки оно анализировалось по данным Росстата в федеральных округах, в случае заболеваемости с ВУТ — в выборке по Орловской области (рис. 1—3).

Аттестация рабочих мест способствует значительному снижению коэффициента частоты травматизма, числа профессиональных болезней в расчете на 1000 работников и заболеваемости с временной утратой трудоспособности (частоты и случаев на 100 работников).

Регрессионные зависимости данных показателей от доли аттестованных рабочих мест (в %) аппроксимируются с высокой степенью адекватности следующими уравнениями:

$$y = 4,77x^{-0,18}; y = 7,64e^{-0,09x} \text{ и } y = -1,85x + 81,24,$$

где x — доля аттестованных рабочих мест, %;

y — частоты травматизма, профзаболеваний и заболеваний с ВУТ.

Первые две функции носят степенной характер, последняя — линейный, поскольку заболеваемость с ВУТ — более лабильный показатель, резко меняющийся при реализации мероприятий по охране труда, тогда как случаи травматизма сравнительно редки, а для возникновения профзаболеваний необходим определенный стаж работы во вредных условиях труда. Еще более частым показателем является снижение работоспособности. В нашем случае доярки продуктивно работали лишь 70% рабочей смены, трактористы-машинисты — не более 60%.

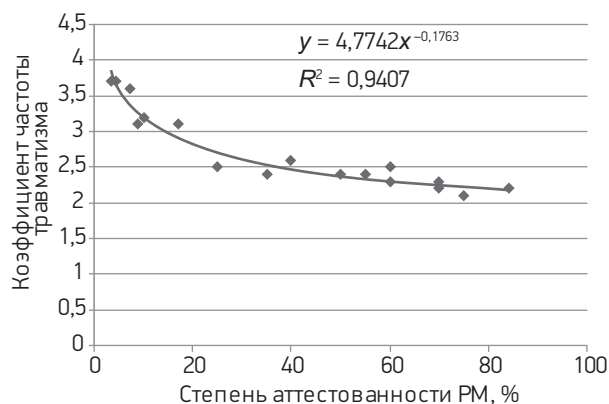


Рис. 1. Зависимость частоты производственного травматизма от аттестованности рабочих мест

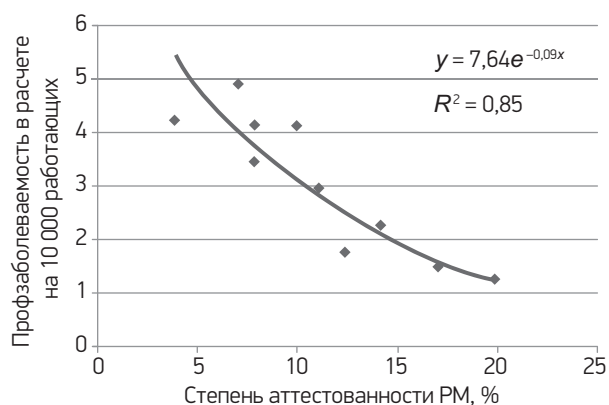


Рис. 2. Зависимость профессиональной заболеваемости от степени аттестованности рабочих мест

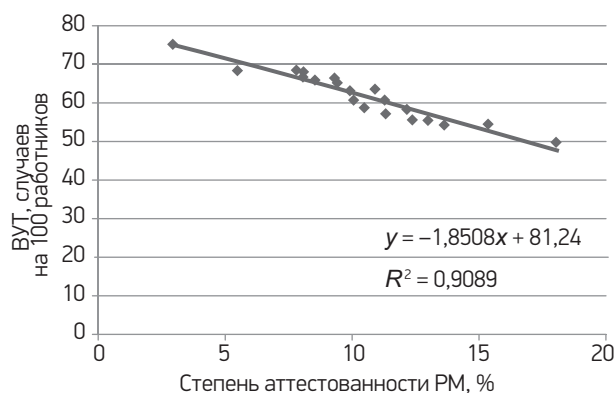


Рис. 3. Зависимость заболеваемости с ВУТ от степени аттестованности рабочих мест

Это снижение работоспособности является массовым явлением, значительно увеличивающим издержки производства [2—4].

Специальная оценка условий труда не может обеспечить достаточно репрезентативных выборок, по которым можно выявлять те или иные закономерности. Много времени понадобилось для решения организационных вопросов специальной оценки — организация центров, комплектация их специалистами и оборудованием. Организации, прошедшие АРМ, не подлежат специальной оценке.

Обобщение трудовых потерь является следствием удаленности многих районов области от административного центра. В особенно сложном положении находятся строители, работающие на сельхозпредприятиях. Они не имеют специально оборудованных строительных площадок, многие профессии строителей не имеют постоянного рабочего места. Строительная техника на селе не отвечает современным требованиям.

Отсюда низкая степень обученности руководителей и специалистов, формализованный подход к инструктажу работников по технике безопасности, малая степень выявления травматизма и профессиональных заболеваний.

Исходя из этих соображений, нами разработаны низкозатратная и доступная неспециалистам технология оценки условий и безопасности труда, а также ряд технических устройств, позволяющих улучшить условия труда работников строительной отрасли.

Выявлен перечень факторов производственной среды, влияющих на работников основных профессий строительного производства. Для инструментального контроля параметров условий труда в строительстве предложено техническое средство для проведения экспресс-мониторинга — инновационный компьютерный комплекс KDP-UP1000, который предназначался для учебных целей, состоящий из измерительных блоков «Про» KDM-1001, датчиков для контроля параметров окружающей среды и программного обеспечения для регистрации и анализа исходных данных. Исследования показали, что датчики имеют высокий класс точности, значения параметров, полученных с их помощью, и стандартных поверенных приборов различались не более чем на 5%. Для удобства использования измерительного комплекса предлагается переносной 4-секционный

контейнер для блоков «Про» KDM-1001. При проведении замеров комплект подключается к ноутбуку. Алгоритм измерений параметров условий труда представлен в диссертационной работе.

Данный комплекс вследствие многоканальности позволяет осуществлять замеры основных вредных факторов одновременно и в нескольких точках и повторностях, что снижает продолжительность процедуры по сравнению с традиционными методами. Инструментальный контроль производится зимой, летом и в один из переходных сезонов года, т. к. параметры микроклимата, эффективность работы вентиляции и других защитных средств во многом зависят от метеорологических условий.

Согласно регламенту оценка микробной опасности проводится только в том случае, если возможен контакт работника с возбудителями особо опасных инфекций. В воздухе рабочей зоны землекопов и в подвальных помещениях в воздухе присутствует почвенный грибок, вызывающий сходное по тяжести с пневмонией инфекционное заболевание легких. Поэтому предложено техническое средство для проведения экспресс-мониторинга — инновационный компьютерный комплекс KDP-UP1000.

Прибор состоит из аспиратора марки «Бриз-1» и стеклянного реактора адсорбции микробов, в нижней части которого помещается 10 мл 1%-го раствора глюкозы. Прибор помещается в исследуемое помещение, и аспиратор включается на 15 минут. При этом микроорганизмы, находящиеся в воздухе, проходящем через раствор глюкозы, задерживаются раствором. Затем раствор переливают в пробирку и термостатируют при 37 °С в течение двух часов. В процессе термостатирования грибки используют глюкозу с образованием кислых продуктов жизнедеятельности, которые изменяют удельную электропроводность раствора. После термостатирования ее измеряют с помощью датчика KDS-1038. Определение численности микробов в воздухе рабочей зоны производится по графику эмпирической зависимости (рис. 4). Предложенный график адекватно $R^2 = 0,99$ аппроксимируется функцией следующего вида: $y = 295,11x^{-0,0068}$.

Предлагаемая методика определения численности микроорганизмов в воздухе является низкозатратной и не требующей наличия специалиста-микробиолога.

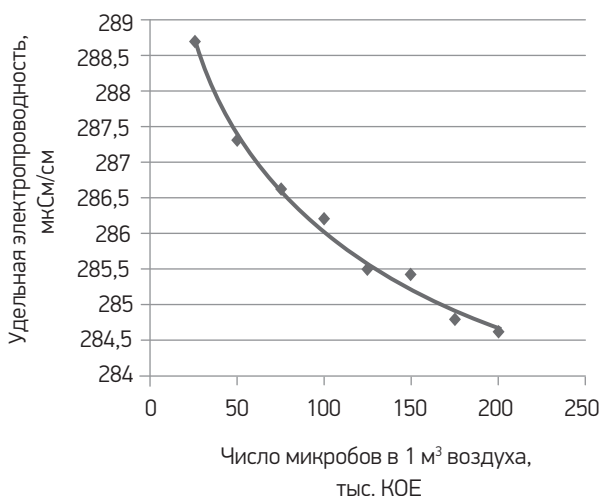


Рис. 4. График для определения численности

Продолжительность методики в десять раз меньше по сравнению с существующими методами.

Предлагается также методика анкетирования с последующей балльной оценкой показателей условий труда. При этом в качестве диагноста параметров условий труда выступает сам работник, непосредственно в него вовлеченный и отслеживающий все особенности трудового процесса.

Разработаны тесты, представленные четырьмя анкетами, которые содержат от 11 до 20 вопросов. Одна из них служит для оценки санитарно-гигиенических показателей, вторая — для оценки травмостепенности, третья — для оценки эффективности применения средств индивидуальной защиты, четвертая — для оценки организации работ по охране труда в организации. Для расчета согласованности мнения экспертов, которыми являются начальники участков, мастера и опытные работники с достаточным стажем, используется коэффициент конкордации. Итоговый балл соответствует определенному классу условий труда.

2. Результаты исследований и их обсуждение

Для улучшения условий труда отделочников предлагается использовать специально разработанный стенд для аэродинамического испытания дефлекторов при создании различных метеорологических условий.

Системы естественной вентиляции широко применяются в гражданском и промышленном строительстве, где в воздух не выделяются вещества 1-го класса опасности. Однако в переходные периоды года, когда температура воздуха снаружи и внутри помещения имеет сходные значения, эффективность их работы существенно снижается. В воздухе рабочей зоны работников, занятых внутренней отделкой помещения, при этом значительно возрастает содержание пыли и парогазовой фазы органических растворителей. С целью увеличения эффективности вентиляции используются дефлекторы вытяжной вентиляционной трубы. Испытания дефлекторов проводятся в аэродинамических установках, позволяющих учесть величину возможного теплового напора, иными словами, не определен интегральный показатель эффективности работы дефлекторов, который определяет возможность их использования в различных метеорологических условиях и в вентиляционных системах зданий различного хозяйственного назначения.

В связи с этим была разработана исследовательская установка для оценки аэродинамических характеристик дефлекторов, предназначенная для моделирования различных величин теплового и ве-

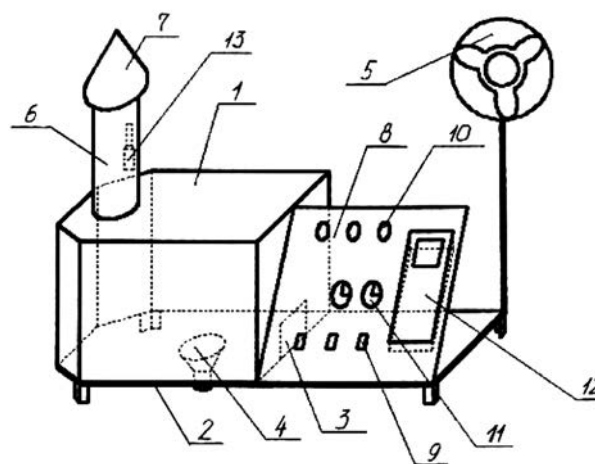


Рис. 5. Общий вид стенда:

1 — камера; 2 — подставка; 3 — отверстие для притока воздуха; 4 — нагревательный элемент; 5 — вентилятор; 6 — вытяжная труба; 7 — дефлектор; 8 — пульт управления; 9 — тумблер; 10 — индикаторы питания; 11 — реостат; 12 — метеометр МЭС-200; 13 — чувствительный элемент метеометра

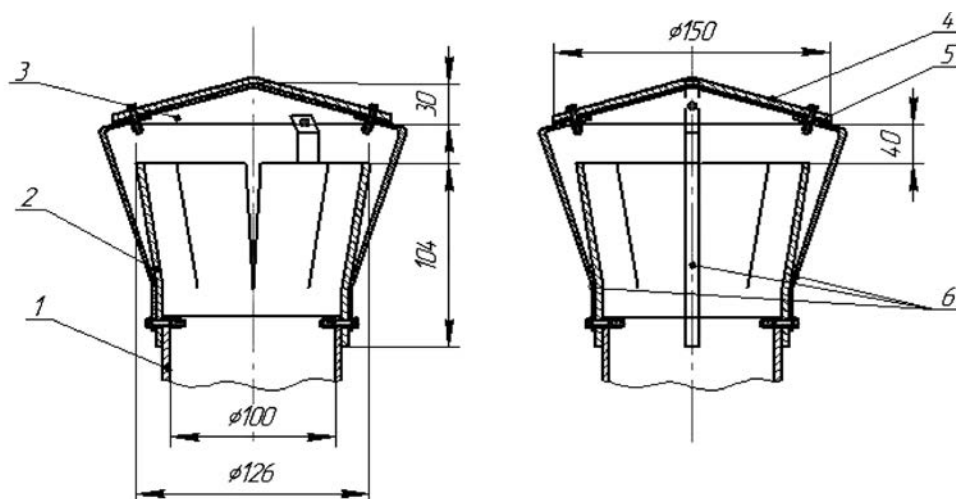


Рис. 6. Дефлектор вытяжной вентиляционной трубы:

1 — вентиляционная труба; 2 — диффузор; 3 — зонтик-колпак; 4 — теплоизолирующий слой; 5 — экран; 6 — стойка

трового напоров и изучения эффективности работы дефлекторов различных конструкций (рис. 5). Данная установка собрана в студенческом конструкторско-технологическом бюро «Истоки-Агро» ФГБОУ ВО «Орловский ГАУ». Установка состоит из камеры прямоугольного сечения объемом 0,07 м³, выполненной из многослойной фанеры, снабженной отверстием для притока воздуха и вытяжной трубой, на которой устанавливается испытываемый дефлектор; нагревательного элемента с регулируемым питанием, позволяющего обеспечить нагрев воздуха внутри камеры до 65 °С и соответственно разницу температур внутреннего и наружного воздуха от 0 до 40 °С; вентилятора с регулируемым питанием, обеспечивающего воздушный поток от 0,1 до 5 м/с [5].

Скорости движения воздуха
в вытяжной трубе в зависимости
от скорости ветра, м/с

Таблица

№ п/п	Скорость движения воздуха	Дефлектор ЦАГИ	Дефлектор предлагаемой конструкции
1	1	0,38 ± 0,06	0,46 ± 0,05
2	2	0,40 ± 0,11	0,51 ± 0,09
3	5	0,42 ± 0,02	0,53 ± 0,07

Для большей эффективности ветрового напора в межсезонье и соответственно лучшей санации воздуха от пыли и химических примесей предложен новый дефлектор, отличающийся большей эффективностью, а также меньшей материалоемкостью [1].

Разработанная конструкция дефлектора запатентована и представлена на рис. 6.

Испытание дефлектора на стенде при малых скоростях ветра показало, что по сравнению с дефлектором ЦАГИ он эффективнее на 21—26% (таблица), достоверность различий составляет $p < 0,02$.

Заключение

1. В Орловской области проведен анализ коэффициентов трудовых потерь от травматизма, профзаболеваний и заболеваемости с временной утратой трудоспособности. Показано, что наибольшие показатели по коэффициенту обобщенных трудовых потерь в строительстве составляют от 170 до 350 дней на 1 работника, количество дней нетрудоспособности — 70 и 75 на 1 работника соответственно и они наблюдаются в районах, удаленных от областного центра и недоступных для санитарно-эпидемиологических и медицинских служб. По России выявлены регрессионные зависимости между мониторингом условий труда (аттестованностью рабочих мест) в строительных организациях

и частотой травматизма, а также профессиональной заболеваемостью работников и заболеваемостью с ВУТ.

2. Установлено, что регулярная переподготовка по охране труда руководителей и специалистов снижает травматизм на 15%, добросовестные и подробные инструктажи работающих — до 20%.

3. Разработаны инновационные технические решения, предназначенные для улучшения условий труда:

- лицевая панель для бытовых радиаторов, которая увеличивает конвективный и лучистый тепловые потоки на 15% и позволяет эффективнее обогревать помещения;

- исследовательский стенд для испытания аэродинамических характеристик дефлекторов, который позволяет оценить эффективность конструкций дефлекторов при совместном действии ветрового и теплового напоров, а также для помещений различного хозяйственного назначения;

- дефлектор вытяжной вентиляционной трубы новой конструкции, отличающийся меньшей материалоемкостью за счет отсутствия обечайки и расщепленным на лопасти диффузором. Лопасти развернуты к оси дефлектора на 15°, что создает центробежные потоки воздуха, увеличивающие эффективность тяги по сравнению с типовыми конструкциями до 26%.

- 4. Предложены также инновационные технические средства для экспресс-мониторинга условий и безопасности труда с помощью компьютерного измерительного комплекса. Производственные исследования подтвердили, что показатели, полученные с помощью данного комплекса, отличаются от полученных традиционными приборами не более чем на 5—10%.

5. Исследования предложенных устройств показали, что они отличаются большой эффективностью по сравнению с существующими конструкциями.

Технико-экономическая эффективность от использования измерительного комплекса составила 10%, тестов балльной оценки — 25%. Экономия средств и технико-экономическая эффективность обуславливаются существенным — в 5 раз — сокращением времени контроля условий труда. Прирост

производительности труда работников, без учета заболеваемости, при применении разработанных инженерно-технических решений составит 25%.

Литература

1. Алибекова И.В., Шестаков Ю.Г., Яковлева Е.В., Полехина Е.В. Новые подходы к совершенствованию системы охраны труда. // Вестник Орел ГАУ. 2013. № 1 (40). С. 213—217.
2. Ветров В., Панферова И., Хрупачев А. Методика оценки профессионального риска // Всероссийский ежемесячный журнал «Охрана труда и социальное страхование». 1998. № 4. С. 37.
3. Каверзнева Т.Т., Тархов Д.А., Идрисова Д.И. Анализ причин тяжелого и смертельного травматизма на строительной площадке // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2015. № 60-2. С. 244—253.
4. Статистический сборник. Строительство в России. М.: Росстат, 2015.
5. Шестаков Ю.Г., Лактионов К.С. и др. Разработка методики экспресс-мониторинга условий и безопасности труда // Безопасность жизнедеятельности. 2012. № 10. С. 2—4.

Сведения об авторах

Алибекова Ирина Владимировна: аспирант ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина»

Количество публикаций: 23

Область научных интересов: безопасность и охрана труда

Контактная информация:

Адрес: 302019, г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 69

Тел.: +7 (920)-800-22-49

E-mail: IraA15@yandex.ru

Лактионов Константин Станиславович: доктор биологических наук, доцент ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парахина»

Количество публикаций: 84

Область научных интересов: безопасность и охрана труда, микробиология

Контактная информация:

Адрес: 302019, г. Орел, ул. Генерала Родина, д. 69

Тел.: +7 (4862) 43-03-17

E-mail: IraA15@yandex.ru

УДК 336.717

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2016

Вероятностный анализ рисков при горизонтальной интеграции золотодобывающих компаний¹

И. А. Краденых,ФГБУ науки Институт горного
дела Дальневосточного
отделения РАН,
г. Хабаровск

Аннотация

Современный вектор развития малого и среднего бизнеса в золотодобывающей отрасли определяется формированием новых хозяйственных структур, в том числе за счет осуществления горизонтальной интеграции предприятий, что позволяет расширить возможности стратегического развития горных компаний. При проведении реструктуризации весьма актуальным является учет факторов неопределенности и контроль уровня риска.

В статье предложен методический подход к определению устойчивости к рискам горизонтально интегрированного золотодобывающего предприятия. Установлено, что в процессе создания стоимости на денежные потоки интегрированного предприятия оказывают влияние различные внутренние и внешние факторы, изменение которых необходимо учитывать с поправкой на соответствующий риск. Оценка наступления тех или иных событий в деятельности предприятия устанавливается при количественном определении величины чистого дисконтированного дохода (ЧДД) с учетом вероятностного отклонения таких показателей, как капитальные затраты, эксплуатационные расходы и цена на золото. Результаты, полученные в ходе исследования, заключаются в установлении зависимости между показателями чистого денежного потока с учетом вероятностных отклонений экономических показателей и уровнем риска функционирования горизонтально интегрированного золотодобывающего предприятия.

Ключевые слова: золотодобывающая отрасль, горизонтально интегрированное предприятие, инвестиционный риск, экономический риск, синергетический эффект, чистый денежный поток.

Содержание

Введение

1. Анализ проблемы

2. Теоретический раздел

3. Экспериментальный раздел

Заключение

Литература

¹ Работа выполнена в рамках гранта академика Н. Ф. Федоренко (проект № 2015-119).

Введение

Истощение минерально-сырьевой базы россыпного золота и слабая обеспеченность активными запасами из-за многолетнего отставания темпов прироста сдерживают развитие золотодобывающих предприятий. Объективная необходимость вовлечения в освоение большого числа мелких месторождений и повышение на этой основе эффективности функционирования малых и средних золотодобывающих предприятий могут оказать положительное влияние на сохранение традиционной россыпной золотодобычи.

В складывающихся условиях следует рассмотреть стратегию укрупнения действующих мелких предприятий за счет консолидации либо друг с другом, либо с более крупными золотодобывающими компаниями по принципу горизонтальной интеграции. Вероятно, осуществление горизонтальной интеграции является объективным процессом дальнейшего развития малого и среднего российского золотодобывающего бизнеса, что позволит реорганизованным предприятиям расширить собственные сырьевые запасы и обеспечить более высокий уровень добычи.

В современной зарубежной и отечественной литературе остаются малоизученными вопросы, определяющие методы оценки эффективности горизонтальной интеграции с учетом отраслевых особенностей золотодобывающих предприятий. Фактически отсутствуют исследования по изучению рисков при интеграции предприятий среднего и малого бизнеса.

1. Анализ проблемы

После резкой коррекции мировой цены на золото весной 2013 г. интерес инвесторов к проектам в области добычи и разведки золота заметно снизился. В настоящее время наблюдается дополнительное давление на стоимость золотодобывающих активов в России, обусловленное рядом политических и экономических факторов. Большинство инвесторов в 2014 г. стали считать, что уровень рисков, связанных с вложением средств в Россию, намного повысился. В результате интерес инвесторов к финансированию российских проектов в золотодобывающей отрасли значительно уменьшился. Это привело к снижению цены активов для сделок по сли-

янию и поглощению (M&A — от англ. mergers and acquisitions). Все это происходит одновременно с быстрым ростом доходности золотодобывающих проектов, вызванным резкой девальвацией рубля и значительным увеличением рублевой (следовательно, и валютной) доходности при сохранении рублевых затрат (и при их существенном сокращении в долларовом выражении). Можно предположить, что такие стремительные изменения, вызывающие резкое удешевление активов в российской золотодобыче одновременно с ростом их доходности, должны вызвать повышенный интерес инвесторов из других секторов и юрисдикций. В результате это приведет к быстрому возобновлению роста активности в сфере M&A в российской золотодобывающей отрасли [1].

При проведении горизонтальной интеграции обоснованная оценка компаний считается одной из главных проблем, возникающих в процессе слияния или поглощения (M&A). Как показали исследования, большинство подходов к оценке стоимости предприятий ориентируются на крупные акционерные компании. Несомненно, что оценка стоимости бизнеса актуальна также для средних и малых предприятий. Однако та совокупность показателей, которая используется при этом, трудно применима для предприятий, принадлежащих к малому и среднему бизнесу [2]. Небольшие по объемам добычи золотодобывающие компании, работающие в форме производственных кооперативов (артелей старателей) или имеющие статус ООО, являются закрытыми предприятиями, поскольку не подвергаются оценке на фондовом рынке, следовательно, для определения их рыночной стоимости сложно получить какую-либо надежную информацию. Однако эта оценка необходима прежде всего их владельцам, поскольку дает полное представление об истинном финансовом положении и перспективах предприятия.

Распространенным мотивом сделок M&A является возможность достижения синергетических эффектов. В общем виде синергию, или синергический эффект, можно охарактеризовать как возможность объединенного предприятия функционировать более эффективно и приносить большую стоимость, чем предприятия по отдельности [3]. Наиболее распространенным среди действующих

методов оценки сделок M&A является доходный подход, построенный на принципе ожидания, при котором покупаемый актив будет стоить столько, сколько прибыли он обеспечит в будущем времени. Применение доходного подхода и его методов позволяют наиболее точно определить синергетические эффекты и затраты, связанные с интеграцией [3]. Одним из методов доходного подхода является метод дисконтированного денежного потока, на основании которого определяется эффективность хозяйственной деятельности предприятия за определенный период времени. Формирование денежных потоков золотодобывающих предприятий происходит под воздействием многочисленных внешних и внутренних факторов, совокупное влияние которых определяет эффективность работы предприятия, что, в свою очередь, напрямую влияет на величину его рыночной стоимости [4].

Так как деятельность малых и средних предприятий обычно связана с относительно более высокими рисками, то представление о их будущей стоимости может быть весьма неопределенным, поэтому долгосрочный прогноз их деятельности может оказаться весьма затруднительным. Этот факт влияет на расхождение во мнениях среди оценщиков бизнеса. В зависимости от предполагаемых темпов роста отрасли и ставок дисконтирования могут быть получены различные результаты стоимости предприятия. Поэтому важно выработать надежные оценки темпа роста и уровня бизнеса, что, в свою очередь, даст ориентиры для выбора адекватной ставки дисконтирования.

2. Теоретический раздел

Актуальной задачей в процессе оценки стоимости методом дисконтированных денежных потоков (доходный подход) является определение ставки дисконтирования, поскольку чувствительность расчетов к этой величине достаточно велика. Ставка дисконтирования показывает откорректированную с учетом инфляции минимально удовлетворяющую инвестора рентабельность вложенного капитала. Поскольку в современных российских условиях безрисковых направлений вложений достаточно мало, постольку принято ставку дисконтирования считать постоянной во времени и определять пу-

тем корректировки доходности доступных альтернативных вариантов вложения капитала с учетом уровня инфляции и риска [5].

По мере совершенствования российского законодательства отмечается снижение политического риска долгосрочного инвестирования. Это способствует развитию внешнеэкономических отношений, так как происходит сближение норм дисконта российских коммерческих структур и более низких норм, присущих развитым странам, где норма дисконта определяется по доходности государственных долгосрочных ценных бумаг с корректировкой на темп инфляции.

Коэффициент дисконтирования без учета риска проекта (бизнеса) определяется как отношение ставки рефинансирования r , установленной Центральным банком Российской Федерации, и объявленного Правительством РФ на текущий год темпа инфляции i :

$$1 + d_i = \frac{1 + \frac{r}{100}}{1 + \frac{i}{100}}, \quad (1)$$

где d_i — коэффициент дисконтирования;

r — ставка рефинансирования;

i — текущий темп инфляции.

Или

$$d_i = \frac{r - i}{100 + i}, \quad (2)$$

где i — темп инфляции.

Ставка рефинансирования в 2016 г. составляет 11%, уровень инфляции равен 7,21% [6]. При этом безрисковая ставка дисконтирования составит

$$d_i = \frac{11 - 7,21}{100 + 7,21} = 0,04, \text{ или } 4\%.$$

Коэффициент дисконтирования, учитывающий риски при реализации проектов, определяется по формуле

$$d = d_i + \frac{P}{100}, \quad (3)$$

где $\frac{P}{100}$ — поправка на риск.

Поправка на риск проекта (бизнеса)

Таблица 1

Риск	Предполагаемая цель проекта	Поправка на риск P , %
Низкий	Вложения при интенсификации производства на базе освоения техники	3—8
Средний	Увеличение объема продаж существующей продукции	8—10
Высокий	Производство и продвижение на рынок нового продукта	10—15
Очень высокий	Вложения в исследования и инновации	15—20

Примечание. Составлено автором по [7].

Поправка на риск бизнеса определяется по данным, представленным в табл. 1.

С учетом полученной базовой ставки дисконтирования в табл. 2 представлены возможные диапазоны ставок дисконтирования.

3. Экспериментальный раздел

Уровень риска можно установить с помощью аналитических и приближенных способов вероятностной оценки. В статье расчеты произведены на основе предположений, допускающих, что в реальности могут иметь место отклонения от рассчитанного детерминированного варианта оценки чистого дисконтированного дохода. Определение уровня риска осуществляется последовательно для двух вариантов:

вариант 1 — для золотодобывающего предприятия до интеграции (Предприятие «А»);

вариант 2 — для горизонтально интегрированного золотодобывающего предприятия (Предприятие «С»).

Расчеты, представленные в табл. 3, учитывают особенности горизонтальной интеграции. Это предполагает объединение технических, технологических, трудовых и финансовых ресурсов, вследствие чего у компании появляется возможность разработки ранее малоосваиваемых нетрадиционных типов россыпей (глубокозалегающих, техногенных), освоение которых проводилось ранее в ограниченных объемах из-за сложных геологических условий [8].

На основании представленных данных произведен расчет чистого дисконтированного дохода при различных ставках дисконтирования, учитывающих средний, высокий и очень высокий уровень риска (табл. 4).

Диапазон ставок дисконтирования с учетом риска

Таблица 2

Риск проекта (бизнеса)	Минимальная ставка дисконтирования, %	Максимальная ставка дисконтирования, %
Низкий	7	12
Средний	12	14
Высокий	14	19
Очень высокий	19	24

Примечание. Составлено автором.

Дальнейшая оценка построена с учетом изменения трех параметров: капитальных вложений, эксплуатационных затрат и цены на золото (табл. 5).

Анализ проводится с учетом ряда условий: каждый параметр может принимать два значения, следовательно, возможно 8 комбинаций. При этом сумма вероятностей в последней колонке равна 1 (100%). Результат зависит от n исходных параметров; эти параметры являются независимыми; каждый из параметров может принимать m взаимоисключающих значений; вероятность появления каждого из значений считается известной; вероятность любой комбинации значений n параметров равна произведению вероятностей появления этих значений; сумма вероятностей в каждом промежуточном звене равна 1 (100%) [9].

Дальнейшие расчеты производятся с учетом ставок дисконтирования, соответствующих среднему уровню риска — 14%, высокому уровню риска — 19% и очень высокому уровню риска — 24% (табл. 6).

Исходные данные для моделирования чистых денежных потоков золотодобывающих предприятий Таблица 3

Параметр	Ед. изм.	Предприятие «А»	Предприятие «С»
Годовая добыча	кг	72,1	136,7
Цена за 1 г золота	руб.	2500	2500
Коэффициент инфляции на доходы I_d	%	6,5	6,5
Выручка	тыс. руб.	191 966,3	363 963,8
Коэффициент инфляции на текущие затраты I_c	%	8,0	8,0
Текущие затраты,	тыс. руб.	87 261,8	187 975,3
в т. ч. амортизация	тыс. руб.	3324,3	6936,2
Коэффициент инфляции на приобретение оборудования I_o	%	14	14
Стоимость оборудования	тыс. руб.	52 053,6	0
Прибыль до вычета процентов и налогов	тыс. руб.	104 704,4	175 988,5
Оборотные средства	тыс. руб.	16 160	
Долгосрочный займ на приобретение оборудования	тыс. руб.	52 053,6	
Погашение долгосрочного займа	тыс. руб.	5205,4	9274,5
Процентные выплаты долгосрочного займа	тыс. руб.	1015,0	1576,7
Задолженность долгосрочная	тыс. руб.	15 616,1	27 823,6
Краткосрочный займ на оборотные средства	тыс. руб.	16 160	34 810
Процентные выплаты краткосрочного займа	тыс. руб.	2666,3	5074,0
Прибыль до вычета налога	тыс. руб.	79 658,1	125 253,0
Налоговые выплаты	тыс. руб.	15 931,6	25 050,6
Чистая прибыль	тыс. руб.	63 726,5	100 202,4
Положительные денежные потоки	тыс. руб.	195 290,6	363 963,8
Отрицательные денежные потоки	тыс. руб.	128 239,8	263 761,3
Чистые денежные потоки	тыс. руб.	67 050,8	100 202,4

Примечание. Составлено автором.

Значение ЧДД золотодобывающих предприятий до и после горизонтальной интеграции

Таблица 4

Предприятие	Ед. изм.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Предприятие «А»	тыс. руб.	62 848,8	67 050,8	71 448,2	76 047,8	80 855,8	90 855,0
Предприятие «С»	тыс. руб.	93 570,7	100 202,4	107 098,1	114 261,6	121 695,8	138 083,6

Примечание. Составлено автором.

Вероятности событий при различных сочетаниях параметров

Таблица 5

Вариант	Превышение (снижение) ожидаемых параметров, %			Совместная вероятность $V_c = V_k \times V_z \times V_c$
	Капитальные вложения Вероятность V_k^*	Эксплуатационные затраты Вероятность V_z^{**}	Цена на золото Вероятность V_c^{***}	
1	≥ 15 0,3	≤ 20 0,75	≤ 20 0,65	0,1463
2	≥ 15 0,3	≤ 20 0,75	≥ 20 0,35	0,0788
3	≥ 15 0,3	≥ 20 0,25	≤ 20 0,65	0,0488
4	≥ 15 0,3	≥ 20 0,25	≥ 20 0,35	0,0262
5	≤ 15 0,7	≤ 20 0,75	≤ 20 0,65	0,3412
6	≤ 15 0,7	≤ 20 0,75	≥ 20 0,35	0,1838
7	≤ 15 0,7	≥ 20 0,25	≤ 20 0,65	0,1138
8	≤ 15 0,7	≥ 20 0,25	≥ 20 0,35	0,0612

* Вероятность V_k — вероятность событий для капитальных затрат.** Вероятность V_z — вероятность событий для эксплуатационных затрат.*** Вероятность V_c — вероятность событий для цены на золото.

Примечание. Составлено автором по [9].

Расчет ожидаемого среднего чистого дисконтированного дохода

Таблица 6

№ варианта	V_c	ЧДД 14%, тыс. руб.	$V_c \times \text{ЧДД } 14\%$, тыс. руб.	ЧДД 19%, тыс. руб.	$V_c \times \text{ЧДД } 19\%$, тыс. руб.	ЧДД 24%, тыс. руб.	$V_c \times \text{ЧДД } 24\%$, тыс. руб.
Золотодобывающее предприятие «А»							
1	0,1463	438 255,4	64 094,9	377 104,4	55 151,5	327 760,7	47 935,0
2	0,0788	180 437,8	14 209,5	152 764,1	12 030,2	130 459,1	10 273,7
3	0,0488	97 489,5	4752,6	88 382,1	4308,6	81 069,7	3952,1
4	0,0263	342 969,6	9003,0	301 077,9	7903,3	267 273,3	7015,9
5	0,3413	193 371,1	65 987,9	165 136,9	56 353,0	142 365,7	48 582,3
6	0,1838	451 190,4	82 906,2	389 478,6	71 566,7	339 668,6	62 414,1
7	0,1138	44 124,6	5019,2	35 292,4	4014,5	28 189,0	3206,5
8	0,0613	308 378,7	18 888,2	265 233,4	16 245,5	230 416,2	14 113,0
Горизонтально интегрированное золотодобывающее предприятие «С»							
1	0,1463	762 847,6	111 566,5	65 6247,6	95 976,2	570 230,3	83 396,2
2	0,0788	274 031,2	21 580,0	230 903,6	18 183,7	196 151,1	15 446,9
3	0,0488	-33 603,3	-1638,2	-36 736,4	-1790,9	-39 192,4	-1910,6
4	0,0263	455 618,5	11 960,0	410 652,6	10 779,6	356 101,3	9347,7
5	0,3413	265 941,7	90 752,6	227 296,6	77 565,0	195 998,6	66 884,5
6	0,1838	785 891,1	144 407,5	678 292,5	124 636,3	591 444,7	108 678,0
7	0,1138	-41 693,0	-4742,6	-40 343,6	-4589,1	39 344,9	-4475,5
8	0,0613	478 256,6	29 293,2	308 509,3	25 152,5	398 811,4	24 427,2

Примечание. Составлено автором.

Значения чистого дисконтированного дохода (ЧДД) определяются с учетом вероятностных событий для капитальных затрат, эксплуатационных расходов и цены на золото, указанных в табл. 5. В результате расчетов полученная величина умножается на вероятность появления соответствующей комбинации. При выполнении каждого из трех вероятных событий показатели ЧДД ухудшаются, тем самым они повышают риск проекта (бизнеса). Например, для Предприятий «А» и «С» совместная вероятность 0,1138 (увеличение капитальных и эксплуатационных затрат при снижении цены на золото) и вероятность 0,0488 (увеличение капитальных и эксплуатационных затрат при повышении цены на золото) оказывают отрицательное влияние на величину ЧДД. Максимально высокое значение ЧДД принимает при совместной вероятности 0,1838 (снижение капитальных и эксплуатационных затрат при повышении цены золота).

Совместная вероятность для каждого варианта является основой для построения графика обратной интегральной вероятности. Значения показателя (x) — ЧДД, для которого строится график, и соответствующие им совместные вероятности (V_c) ранжируются по возрастанию. Наименьшему значению рассматриваемого показателя (x_1) соответствует накопленная вероятность $V_n(1) = 100\%$.

Накопленная вероятность для остальных значений x_i рассчитывается по формуле

$$V_n(i) = V_n(i-1) - V_c(i-1), \quad (4)$$

где V_n — накопленная вероятность;

V_c — совместная вероятность.

При этом i (вариант вероятности) меняется от 2 до n — общее число исходов.

На основе полученных данных произведено ранжирование показателей и определены зависимости воздействия совместных вероятностей на величину ЧДД для Предприятий «А» и «С» (табл. 7).

На основе данных последних двух колонок, представленных в табл. 7, строятся кривые накопленной вероятности (рис. 1). Отмеченные на оси абсцисс значения вероятностей 0,9; 0,5 и 0,1 позволяют определить соответствующие им величины оценок (ЧДД), отмеченные на оси ординат с вероятностью 90, 50 и 10%.

В данном примере накопленные вероятности для Предприятия «А» составляют: $V_n 90 \approx 25$ млн руб., $V_n 50 \approx 53$ млн руб., $V_n 10 \approx 68$ млн руб. Величина ЧДД имеет положительное значение также при ставке дисконтирования 14 и 24%, следовательно, можно предположить с 100%-й вероятностью, что вероятность получения дисконтированных убытков будет равна нулю.

Расчет накопленной вероятности для ЧДД Предприятия «А»

Таблица 7

Вариант	Ранжированный ЧДД, тыс. руб.	Совместная вероятность V_c	Накопленная вероятность V_n	Вариант	Ранжированный ЧДД, тыс. руб.	Совместная вероятность V_c	Накопленная вероятность V_n	Вариант	Ранжированный ЧДД, тыс. руб.	Совместная вероятность V_c	Накопленная вероятность V_n
Ставка дисконтирования 14%				Ставка дисконтирования 19%				Ставка дисконтирования 24%			
3	4752,6	0,0488	1	7	4014,5	0,1138	1	7	3206,5	0,1138	1
7	5019,2	0,1138	0,9512	3	4308,6	0,0488	0,9512	3	3952,1	0,0488	0,9512
4	9003,0	0,0263	0,9249	4	7903,3	0,0263	0,9249	4	7015,9	0,0263	0,9249
2	14 209,5	0,0788	0,8461	2	12 030,2	0,0788	0,8461	2	10 273,7	0,0788	0,8461
8	18 888,2	0,0613	0,7848	8	16 245,5	0,0613	0,7849	8	14 113,0	0,06125	0,7849
1	64 094,9	0,1463	0,6385	1	55 151,5	0,1463	0,6385	1	47 935,0	0,1463	0,6385
5	65 987,9	0,3413	0,2972	5	56 353,0	0,3413	0,2972	5	48 582,3	0,3413	0,2972
6	82 906,2	0,1838	0,1134	6	71 566,7	0,1838	0,1134	6	62 414,1	0,1838	0,1134

Примечание. Составлено автором.

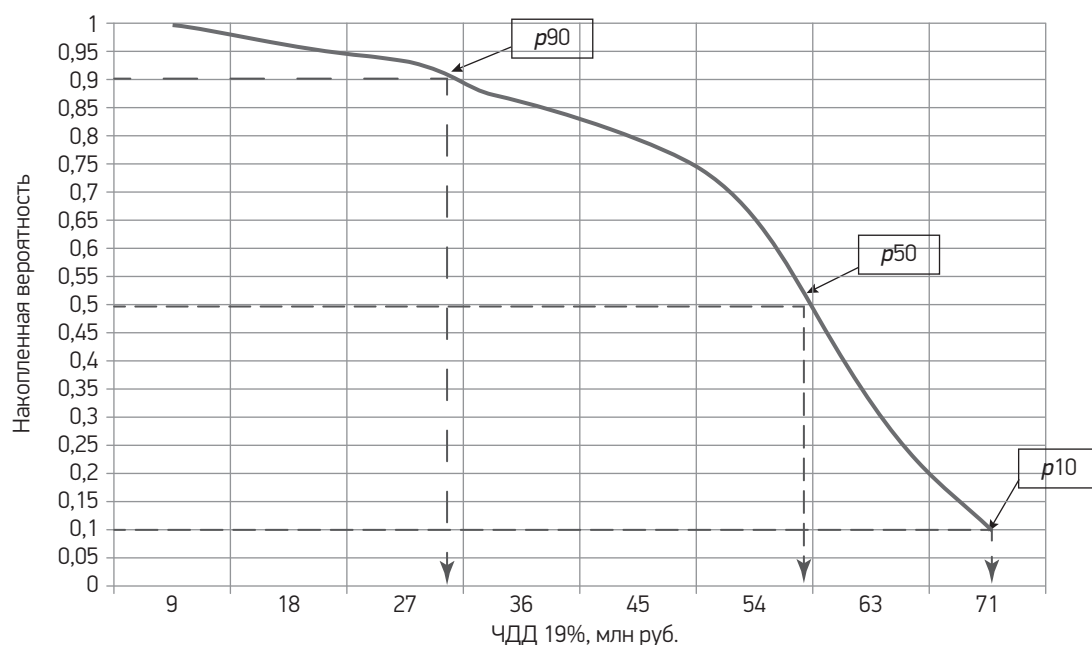


Рис. 1. Определение вероятностей ЧДД и риска убытков (Предприятие «А»)

Аналогично первому примеру строится кривая вероятностей для горизонтально интегрированного Предприятия «С» (табл. 8).

Накопленные вероятности для Предприятия «С» составляют: $V_{н\ 90} \approx 17$ млн руб., $V_{н\ 50} \approx 80$ млн руб., $V_{н\ 10} \approx 115$ млн руб., нулевому значению ЧДД при

ставке дисконтирования 19% соответствует накопленная вероятность, примерно равная 0,94, означающая, что с вероятностью 94% ЧДД будет положительным. При этом вероятность риска получения убытков составит $100\% - 94\% = 6\%$ (рис. 2).

Определение накопленной вероятности для Предприятия «С»

Таблица 8

Вариант	Ранжированный ЧДД, тыс. руб.	Совместная вероятность V_c	Накопленная вероятность V_n	Вариант	Ранжированный ЧДД, тыс. руб.	Совместная вероятность V_c	Накопленная вероятность V_n	Вариант	Ранжированный ЧДД, тыс. руб.	Совместная вероятность V_c	Накопленная вероятность V_n
Ставка дисконтирования 14%				Ставка дисконтирования 19%				Ставка дисконтирования 24%			
7	-4742,6	0,1138	1	7	-4589,1	0,1138	1	7	-4475,5	0,1138	1
3	-1638,2	0,0488	0,9512	3	-1790,9	0,0488	0,9512	3	-1910,6	0,0488	0,9512
4	11 960,0	0,0263	0,9249	4	10 779,6	0,0263	0,9249	4	9347,7	0,0263	0,9249
2	21 580,0	0,0788	0,8461	2	18 183,7	0,0788	0,8461	2	15 446,9	0,0788	0,8461
8	29 293,2	0,0613	0,7848	8	25 152,5	0,0613	0,7849	8	24 427,2	0,06125	0,7849
5	90 752,6	0,3413	0,4435	5	77 565,0	0,3413	0,4436	5	66 884,5	0,3413	0,4436
1	111 566,5	0,1463	0,2972	1	95 976,2	0,1463	0,2973	1	83 396,2	0,1463	0,2973
6	144 407,5	0,1838	0,1134	6	124 636,3	0,1838	0,1135	6	108 678,0	0,1838	0,1135

Примечание. Составлено автором.

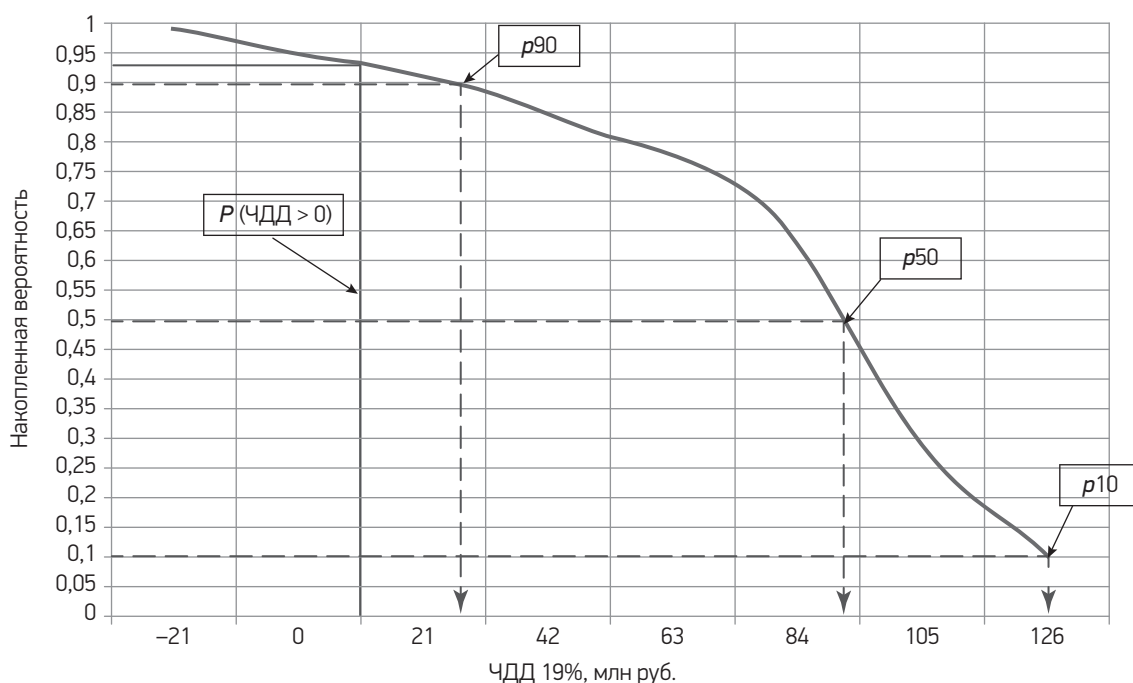


Рис. 2. Определение вероятностей ЧДД и риска убытков Предприятия «С»

Итоги полученных данных для различных ставок дисконтирования представлены в виде сводной табл. 9.

Оценив каждый вариант горизонтально интегрированных предприятий с точки зрения наибольшей и наименьшей устойчивости к рискам, можно сделать следующие выводы:

- для Предприятия «А» вероятность успешной деятельности достаточно высокая и составляет при вероятностной оценке 100%, т. к. чистый дисконтированный доход при всех ставках дисконтирования остается положительной величиной;
- для Предприятия «С» устойчивость к рискам составляет примерно 94%, доля риска около 6%.

Вероятность успеха и риска убытков золотодобывающего предприятия

Таблица 9

Параметр, млн руб.	Вн 90	Вн 50	Вн 10	Вероятность успеха, %	Вероятность риска убытков, %
Вариант 1. Предприятие «А»					
ЧДД 14%	30	62	78	100	0
ЧДД 19%	31	58	72	100	0
ЧДД 24%	27	51	64	100	0
Вариант 2. Предприятие «С»					
ЧДД 14%	19	96	138	94	6
ЧДД 19%	17	80	115	94	6
ЧДД 24%	15	73	104	94	6

В данном варианте вероятность положительной оценки ЧДД ниже, чем в варианте 1, этот факт важно учитывать при определении стоимости предприятия методом дисконтированных денежных потоков.

Заключение

Представленный метод вероятностной оценки позволяет идентифицировать слабые и уязвимые места принятого решения, которые могут неблагоприятно воздействовать на безопасность и функционирование горизонтально интегрированного предприятия. Полученные результаты могут послужить основой для анализа, планирования и принятия решений руководством золотодобывающих предприятий при осуществлении горизонтальной интеграции. Предложенный в статье подход помогает разработать эффективные стратегии менеджмента риска, на основе которых строятся обоснованные решения по оптимальному использованию внешних и внутренних ресурсов.

Литература

1. Союз золотопромышленников. Аналитический обзор «Золото России 2015» [Электронный ресурс] URL: <http://goldminingunion.ru> (дата обращения 10.08.2016).
2. Тихомиров Д.В. Оценка стоимости компаний при слияниях и поглощениях. СПб.: СПбГУЭФ, 2009. 132 с.
3. Лапшин П.П., Хачатуров А.Е. Синергетический эффект при слияниях и поглощениях // Менеджмент в России и за рубежом. 2005. № 2. С. 21—30.
4. Гольдштейн Г.Я. Стратегический менеджмент. Таганрог: ТРТУ, 1995. 93 с.
5. Горчакова Д.С. Состояние российской золотодобывающей отрасли // Экономический журнал. 2012. № 25. С. 89—96.
6. Уровень инфляции в Российской Федерации в 2016 году [Электронный ресурс] URL: [//www.statbureau.org/ru/russia/inflation](http://www.statbureau.org/ru/russia/inflation) (дата обращения 10.08.2016).
7. Басов А.И. Роль золота и других драгоценных металлов в составе золотовалютных резервов // Финансы и кредит. 2003. № 3. С. 19—24.
8. Краденых И.А. Экономические аспекты эффективного освоения глубокозалегающих россыпных месторождений Хабаровского края // Проблемы комплексного освоения георесурсов: материалы IV Всерос. науч. конф. с участием иностранных ученых (Хабаровск, 27—29 сент. 2011 г.). В 2 т. Хабаровск: ИГД ДВО РАН, 2011. Т. 2. С. 155—159.
9. Ампилов Ю.П., Герт А.А. Экономическая геология. М.: Геоинформмарк, 2006. 329 с.
10. Петросов А.А. Стратегическое планирование, прогнозирование, экономические риски горного производства. М.: Горная книга, 2009. 684 с.

Сведения об авторе

Краденых Ирина Анатольевна: научный сотрудник лаборатории проблем освоения россыпных месторождений золота ФГБУ науки Институт горного дела ДВО РАН
Количество публикаций: 45

Область научных интересов: экономика, организация и управление предприятиями золотодобывающей отрасли, теоретические и методологические основы эффективности развития золотодобывающих предприятий в современных условиях

Контактная информация:

Адрес: 680018, г. Хабаровск, ул. Тургенева, д. 51, Институт горного дела

Тел.: +7 (914) 410-19-64

E-mail: kradenyh_igd@mail.ru

Аннотации статей на английском языке

ESTIMATION RISKS OF A SECURITY BREACH FOR CRITICAL OBJECT AND CRITICAL INFRASTRUCTURE

V.N. Tsygichko, Federal Research Centre "Information and Management" of the RAS, Moscow

Annotation. The article presents the method for calculating risks of a security breach for critical objects and a critical infrastructure for the existing protection system.

Keywords: security, risk, acceptable risk, vulnerability, threats, security profile, the effectiveness.

ABOUT EFFECTIVE DURATION OF PROCESS OF STEAM FORMATION AT BOILING OF A LIQUID FROM PASSAGE

N.M. Kochetov, Novomoskovsk Institute of Improvement of Professional Skill

A.N. Kochetov, Northwest Management of Federal Service on Ecological, Technological and Nuclear Supervision, St. Petersburg

Annotation. In article effective standards and rules on possibility of their use are analysed at calculation of effective duration of boiling of a liquid from passage. Conditions of course of processes of boiling and evaporation have been considered. It has allowed to estimate effective duration of process of boiling.

Keywords: evaporation, boiling, material and thermal streams.

ON HOW TO CALCULATE DISASTER RISK METRICS IN THE PRESENCE OF UNCERTAINTY

E. Yu. Kolesnikov, Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola

V.M. Kolodkin, Institute of Civil Protection, Udmurt State University, Izhevsk

Annotation. At performance of analysis and quantification of the risk of disaster there is a need to take into account the presence of uncertainty of many task parameters. Without the involvement of hypotheses about the behavior of the parameter within the range of its possible changes that can be done by setting these parameters as intervals, and the fulfillment of all required calculations by interval methods. Disaster risk calculations of conditional dangerous object are made in the article by six methods: two – point and four – interval. Point calculations are made: a) in the conservative, and b) averaged statement. Interval calculations are performed as a natural (naive), and the other three methods, with the adoption of measures to narrow the result of interval calculations. Given that emergency risk should estimate as the amount of damage caused by the accident, and the probability of its occurrence, there is provided a method of reducing the width of the interval of this metric. The proposed method can be used only if reliable information is at hand about the behavior of the parameter values within intervals of their changes.

The results of paper show that the methods used in it allow to considerably improve the quality of obtained interval estimates.

Keywords: disaster risk, types of uncertainty and ways to reduce the risk of uncertainty, interval analysis, methods of narrowing intervals.

COMPENSATION OF UNCERTAINTIES IN JUSTIFYING THE TASKS OF ELECTRONIC WARFARE IN OPERATIONS (COMBAT ACTS): METHODOICAL ASPECT

A. S. Boev, D. M. Byvshich, Yu. N. Yarygin, Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky and Gagarin", Voronezh

Annotation. The paper sets the methodical approach to the decision of a problem of the account of military uncertainties at a substantiation of tasks of electronic war (EW). The offered approach is based on the complex analysis of processes of functioning of system at substantiation of tasks EW and external factors complicating formation of the relevant list of tasks EW.

Keywords: tasks EW, factor of uncertainty, compensation of uncertainty.

INTENTIONAL DESTRUCTIVE ELECTROMAGNETIC IMPACTS – THE THREAT OF NATIONAL SECURITY

V.I. Gurevich, Central Electric Laboratory of Israel Electric Corporation

Annotation. The problem of Intentional Destructive Electromagnetic Impacts (IDEI) on power systems becomes recently more and more actual in connection with two modern trends: an extending application of microelectronics and microprocessor-based devices and systems in electric power industry — on the one hand, and intensive designs special equipment for distance destruction of electronic devices and systems — with another. The most powerful method for such destruction is the High-altitude

Electromagnetic Pulse (HEMP) as a result of high-altitude nuclear explosion. The history of experimental high-altitude nuclear explosions includes already half a century. During this time many tens the scientific articles, books, reports and standards in details presenting this phenomenon and measures of protection from it, have been published by English. However, all these materials have remained unknown to the Russian experts in civil sectors and especially in power engineering. Consequently, rare publications on this theme cause only negative emotions and indignation. Such relation to a problem and its full ignoring threatens national security and should be radically changed.

Keywords: Intentional Destructive Electromagnetic Impacts, IDEI, electromagnetic pulse, EMP, High Altitude Electromagnetic Pulse, HEMP.

FIRE RISKS IN RUSSIA

Yu. I. Sokolov, All-Russia Scientific Research Institute for Civil Defense and Emergency Management, Moscow

Annotation. The article analyzes the state of fire safety in Russia.

Keywords: fire, individual fire risk, fire-fighting service, forest fire, automatic fire-fighting equipment, fire extinguisher, industrial fire, peat fire, grass fire.

METHODICAL APPROACH OF THE SOLUTION OF A TASK OF OPTIMIZATION OF PLANS ACTIONS FOR DECREASE IN RISK OF EMERGENCY SITUATIONS

S. S. Korshunov, V. M. Egorov, FGBU VNIIGCHS (FC), Moscow

Annotation. In article methodical approach of the solution of a task of optimization of actions plans on decrease in risk of emergency situations with simultaneous reasons for the admissible (acceptable) extent of possible damage to objects of economy and the territories is stated.

Keywords: risk management, emergency situations, protective measures, optimization, acceptable damage.

ACTIVITIES AIMED AT THE PROTECTION OF WORKERS, INCLUDING THE RAPID MONITORING OF CONDITIONS AND SAFETY, DEVELOPMENT OF TECHNICAL TOOLS THAT IMPROVE WORKING CONDITIONS

I. V. Alibekova, K. S. Laktionov, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Orel State Agrarian University named after NV Parahina"

Annotation. This article discusses the effect of certification of workplaces to industrial injuries, occupational diseases and morbidity with temporary disability workers in the construction industry. It is shown that in addition to training on labour protection and other organizational activities necessary to make changes in the methodology of existing means of monitoring the conditions and safety of labor, making them less expensive and preferably Express methods. They in this article are offered. In addition, the proposed individual technical means of improving the conditions of workers.

Keywords: security, health and safety, working conditions, monitoring.

PROBABILISTIC ANALYSIS OF RISKS IN THE HORIZONTAL INTEGRATION OF THE GOLD MINING COMPANIES

I. A. Kradeniyh, Research Associate Mining Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Khabarovsk

Annotation. Modern vector of development of small and medium businesses in the gold mining industry is determined by the formation of new economic structures, including through the implementation of horizontal integration of enterprises, that allows to expand the opportunities for mining companies. When restructuring is very important take into account factors of uncertainty and control the level of risk.

In the article the methodical approach to determining risk tolerance horizontally-integrated gold mining enterprise. It has been established that it is influenced by various internal and external factors in the process of creating value, the cash flows of the integrated enterprise, a change which must be taken into account, adjusted for appropriate risk. Assessment of occurrence of certain events in the enterprise is established in the quantitative determination of the amount of net present value (NPV) based on a probability deviation indicators such as capital costs, operating costs and gold prices. The results obtained in the study are to establish the relationship between indicators of net present value, taking into account the probability of deviations of economic indicators and the level of risk the functioning of horizontally integrated gold mining company.

Keywords: gold mining industry, horizontally integrated enterprise, investment risk, economic risk, a synergistic effect, the net cash flow.

Инструкция для авторов

1. Общие требования к представлению статьи

Журнал «Проблемы анализа риска» публикует междисциплинарные научные и прикладные материалы, посвященные анализу рисков различного происхождения и характера: техногенного, природного, социально-экономического, финансового, экологического и др.

Представляемая в редакцию статья должна соответствовать тематике журнала, быть написана на русском языке (титulusный лист представляется на русском и английском языке), быть оригинальной, ранее не опубликованной и не представленной к публикации в другом издании.

Авторы несут ответственность за достоверность приведенных сведений, отсутствие данных, не подлежащих открытой публикации, и точность информации по цитируемой литературе.

Все представленные в редакцию журнала рукописи авторам не возвращаются.

2. Порядок представления рукописи

Первоначальное представление статьи в редакцию журнала осуществляется в электронном виде одним из следующих способов:

- с помощью электронной почты на e-mail journal@dex.ru, (копия: par@dex.ru)
- на CD-диске по почте,
- непосредственно в редакцию журнала на любом электронном носителе.

В наименовании электронного файла должны быть указаны: первый автор статьи, сокращенное название статьи, дата представления (например, «Иванов_Стандарты финансового РМ_120111»). На обложке CD-диска или в теме сообщения, посланного на электронный ящик редакции, должно быть указано наименование файла статьи.

Статья будет направлена на рецензирование одному или двум экспертам. Возможно, потребуются доработка или переработка статьи по результатам рецензирования до принятия решения о ее опубликовании.

После принятия решения об опубликовании статьи авторы должны представить в редакцию окончательный подписанный вариант рукописи, на бумажном носителе, а также электронную версию статьи и свою фотографию, приложив их к рукописи на CD-диске или передав на электронный почтовый ящик редакции (journal@dex.ru; par@dex.ru). Редакция оставляет за собой право дальнейшей редакционной и корректорской правки статьи. Корректра автору в обязательном порядке не высылается, с ней можно ознакомиться в редакции.

Если статья не принимается к печати, автору высылается отказ по электронной почте.

3. Лицензионный договор

Если принято решение об опубликовании статьи, в соответствии с требованиями Гражданского кодекса РФ между авторами и журналом заключается лицензионный договор с приложением к нему акта приема-передачи произведения. С лицензионным договором и актом приема-передачи произведения можно ознакомиться на сайте www.dex.ru в разделе «Инструкция для авторов». Данные документы, подписанные со стороны авторов, должны быть переданы в редакцию вместе с окончательным подписанным вариантом рукописи.

4. Общие требования к рукописи

Электронный файл рукописи должен быть сформирован с использованием стандартных пакетов редакторских программ (например, MS Word, WordPad).

Формат страниц: А4, рекомендуемые отступы от краев листа: сверху и снизу — 3 см, слева и справа — 2 см, рекомендуемый шрифт Times New Roman, 12 пт, междустрочный интервал — одинарный или полуторный. Страницы должны быть пронумерованы.

Файл со статьей должен содержать:

- 1) титульный лист (на русском и английском языке),
- 2) текст статьи (введение, структурированные разделы статьи, заключение),
- 3) литературу (последовательный перечень цитируемой литературы),
- 4) сведения об авторах.

5. Титульный лист

Представляется на русском и английском языках и должен включать:

- УДК,
- краткое информативно-смысловое название,
- инициалы, фамилию,
- краткое (по возможности) наименование организации (при указании организации не допускается приводить только аббревиатуру). Располагается после фамилии автора,
- город,
- аннотацию: должна быть краткой (не более 200 слов), информативной и отражать основные положения и выводы представляемой к публикации статьи,
- ключевые слова (не более 15) должны способствовать индексации и классификации,
- содержание: включает заголовки первого уровня разделов, использование ссылок и указание страниц не допускается.

6. Текст статьи

Основной текст статьи должен содержать:

- введение,
- структурированные, пронумерованные разделы статьи,
- заключение,
- литература.

Введение должно содержать четкое обозначение целей и задач работы. В нем могут даваться ссылки на ключевые работы в области исследования, но введение не должно быть литературным или историческим обзором.

Структурированные разделы статьи должны содержать четкое и последовательное изложение материала работы. Заголовки разделов основной части должны иметь нумерацию (1, 2, 3 и т. д.), эта же нумерация должна быть отражена в содержании (разделы введение, заключение, литература, сведения об авторах не нумеруются). Допускается в каждом разделе создавать подзаголовки разделов.

Заключение должно включать основные выводы, обсуждение спорных моментов, значимость теоретических положений, их ограничения; место и роль в разрезе предыдущих исследований, возможностей практических приложений.

7. Требования к таблицам, рисункам и формулам

Таблицы и рисунки

Таблицы и рисунки рекомендуется располагать внутри текста после первого указания на них. Размер таблиц и рисунков не должен выходить за рамки формата текста. Все таблицы и рисунки должны быть последовательно пронумерованы и иметь краткое название (название таблиц дается над таблицей, рисунков — под ними).

Таблицы и рисунки должны быть понятными безотносительно к объяснению в тексте. Пояснения к таблицам и рисункам должны быть краткими. Пояснения к таблицам должны располагаться внизу таблицы и иметь указатели с использованием надстрочной буквенной или цифровой индексации (меньшего размера относительно текста). Пояснения к рисункам должны располагаться под названием рисунков с использованием шрифта меньшего размера относительно текста названия рисунков.

Таблицы представляются в стандартном редакторе MS Office, например MS Word или MS Excel.

Рисунки должны быть высокого качества. Графики должны предоставляться преимущественно в формате MS Excel. Схемы и карты представляются в векторных форматах EPS, CDR. Фотографии и другие иллюстративные материалы, предоставляемые в виде растровых изображений, должны иметь разрешение 300 dpi (при размере на формат издания) и быть в форматах TIFF или JPEG (без сжатия). На растровых рисунках должны хорошо прочитываться текст и все значимые элементы.

Формулы

Отдельно стоящие формулы должны быть набраны с использованием стандартных средств MathType или Equation.

Переменные величины и элементы формул, располагаемые внутри текста, набираются по возможности с использованием текстовых выделений (нижний, верхний регистры, курсив, греческие буквы и т. д.)

Формулы и буквенные обозначения должны быть тщательно выверены автором, который несет за них полную ответственность.

8. Литература

Библиографические ссылки в статье рекомендуется осуществлять как затекстовые ссылки и обозначать номерами в порядке цитирования в квадратных скобках, например [1] или [2—5], при необходимости с указанием страниц. Ссылки на неопубликованные работы недопустимы. Список литературы должен размещаться в конце статьи и составляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка».

Порядок составления списка следующий:

- для книг: фамилия и инициалы автора (авторов), полное название, место и год издания, издательство, общее количество страниц;
- для глав в книгах и статей в сборниках: фамилия и инициалы автора (авторов), полное название статьи, полное название книги, фамилия и инициалы редактора (редакторов), место и год издания, издательство, номера первой и последней страниц;
- для журнальных статей: фамилия и инициалы автора (авторов), полное название статьи, название журнала, том издания, номер, номера первой и последней страниц. Если число авторов больше трех, вначале пишется название статьи, затем все авторы и далее название журнала, том издания, номер, номера первой и последней страниц;
- для диссертаций: фамилия и инициалы автора, докторская или кандидатская, полное название работы, год и место издания.

Ссылки на литературу в статьях, представленных для публикации зарубежными авторами, могут производиться с использованием международного стандарта.

Авторы самостоятельно несут ответственность за точность информации по цитируемой литературе.

9. Сведения об авторах

Сведения об авторах должны включать:

- фамилию, имя и отчество (полностью),
- степень, звание и занимаемую должность, полное и краткое наименование организации,
- число публикаций, в том числе монографий, учебных изданий,
- область научных интересов,
- контактную информацию: почтовый адрес, телефон, факс, e-mail.

Учредители:

- Общероссийская общественная организация «Российское научное общество анализа риска»
- ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (ФЦ)
- Финансовый издательский дом «Деловой экспресс»

Журнал внесен в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Минобрнауки России (ВАК) для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается

При перепечатке и цитировании ссылка на журнал «Проблемы анализа риска» обязательна

Присланные в редакцию материалы рецензируются и не возвращаются

Статьи, не оформленные в соответствии с Инструкцией для авторов, к рассмотрению не принимаются

Ответственность за достоверность фактов, изложенных в материалах номера, несут их авторы

Мнение членов редколлегии и редсовета может не совпадать с точкой зрения авторов

Редакция не имеет возможности вести переписку с читателями (не считая ответов в виде журнальных публикаций)

Журнал издается с 2004 года. Периодичность: 1 раз в 2 месяца

© Проблемы анализа риска, 2016

Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ПИ № ФС 77-61704 от 25.05.2015

Формат 60 × 84 1/8. Объем 12 печ. л. Печать офсетная.
Тираж 1000 экз. Подписано в печать 21.10.2016.

Редакция:

Главный редактор
Быков Андрей Александрович
E-mail: journal@dex.ru, par@dex.ru

Ответственный секретарь
Виноградова Лилия Владимировна
E-mail: journal@dex.ru

Отдел подписки
Тел.: +7 (495) 787-52-26
E-mail: journal@dex.ru

Верстка:
Луговой Александр Вячеславович,
Лебедева Наталья Сергеевна,
Столбова Марина Сергеевна

Корректурa:
Легостаева Инна Леонидовна,
Таборская Людмила Вильгельмовна,
Шольчева Янина Геннадьевна

Дизайн: АО ФИД «Деловой экспресс»

Адрес редакции:
125167, г. Москва, ул. Восьмого Марта 4-я, д. 6А
АО ФИД «Деловой экспресс»
Тел.: +7 (495) 787-52-26

Издание, распространение и реклама —
АО ФИД «Деловой экспресс»,
125167, Москва, ул. Восьмого Марта 4-я, д. 6А
Тел.: +7 (495) 787-52-26
E-mail: journal@dex.ru

<http://www.dex.ru>