

НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ КОНЦЕПЦИИ РИСКА¹

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РАБОЧЕЙ
ГРУППЫ ПРИ ПРЕЗИДЕНТЕ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ
НАУК ПО АНАЛИЗУ РИСКА
И ПРОБЛЕМ БЕЗОПАСНОСТИ
ЧЛЕН-КОРРЕСПОНДЕНТ РАН

Николай Андреевич
Махутов



ВЕДУЩИЙ НАУЧНЫЙ
СОТРУДНИК ИНСТИТУТА
МАШИНОВЕДЕНИЯ
ИМЕНИ А.А. БЛАГОНРАВОВА
РАН

Михаил Матвеевич
Гаденин



В начале текущего столетия Россия приступила к разработке и реализации крупнейших инфраструктурных проектов в гражданской и оборонной сферах. В первую очередь это относится к топливно-энергетическому и нефтегазохимическому комплексам (проекты «Сахалин-1...-10», «Восточная Сибирь – Тихий Океан», «Северный и Южный потоки», проекты арктического шельфа), транспортному комплексу (высокоскоростной и тяжеловесный железнодорожный транспорт, космический, воздушный, морской транспорт),

атомной, гидравлической, тепловой и возобновляемой энергетике (атомные реакторы новых поколений, международные проекты термоядерной энергетике, водородная энергетика, низконапорные аэро- и гидростанции), оборонной технике (ракетно-космические системы, космодромы, самолеты новых поколений, подводный и надводный флот, системы противоракетной и противовоздушной обороны, высокоточные вооружения). Работа над этими проектами требует новых знаний, технологий и конструкций, новых инженерно-технических кадров.

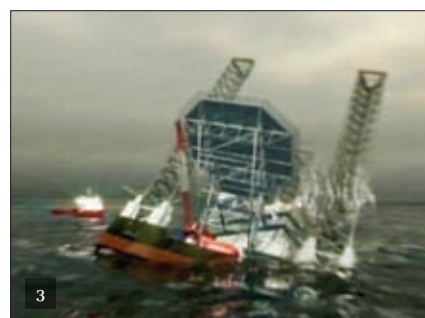
Ключевой проблемой государственного, регионального и отраслевого уровня здесь становятся достижение необходимого социально-экономического эффекта и комплексная безопасность. Понимание важности этих проблем связано с крупнейшими техногенными авариями и катастрофами XXI века в нашей стране и за рубежом: на атомной подводной лодке «Курск», Саяно-Шушенской ГЭС, на атомной электростанции «Фукусима-1», железных дорогах Сибири, морских платформах, летательных аппаратах, космических системах. Эти катастрофы нанесли многомиллиардный ущерб экономике, их последствиями стали гибель и страдания людей, загрязнение окружающей среды (рис. 1).

С учетом современных тенденций национальной и мировой экономики по-новому должны анализироваться проблемы государственной политики в области обеспечения промышленной безопасности. К числу определяющих формирование и реализацию такой политики, несомненно, можно отнести взаимодействующие факторы техногенных, технологических, экономических и экологических рисков. При этом под риском следует понимать сочетание вероятностей возникновения неблагоприятных процессов и событий в промышленной среде и сопутствующих им ущербов.

¹ Исследование выполнено за счет средств гранта Россий-

ского научного фонда (проект №14-19-00776).

1



ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЕКТЫ

АВАРИИ И КАТАСТРОФЫ

АНАЛИЗ ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ – ЧАСТЬ ПРОЦЕССА ПОВЫШЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ:
 а – Белоярская АЭС с энергоблоком БН-800; б – катастрофа на Чернобыльской АЭС; в – Саяно-Шушенская ГЭС – вторая жизнь; г – катастрофа на Саяно-Шушенской ГЭС; д – многоразовая авиационно-космическая система МАКС с воздушным стартом; е – авария при старте ракеты-носителя «Протон»; ж – технология транспортировки сжиженного газа атомными подводными танкерами; з – крушение нефтяной морской платформы «Кольская» при ее транспортировке

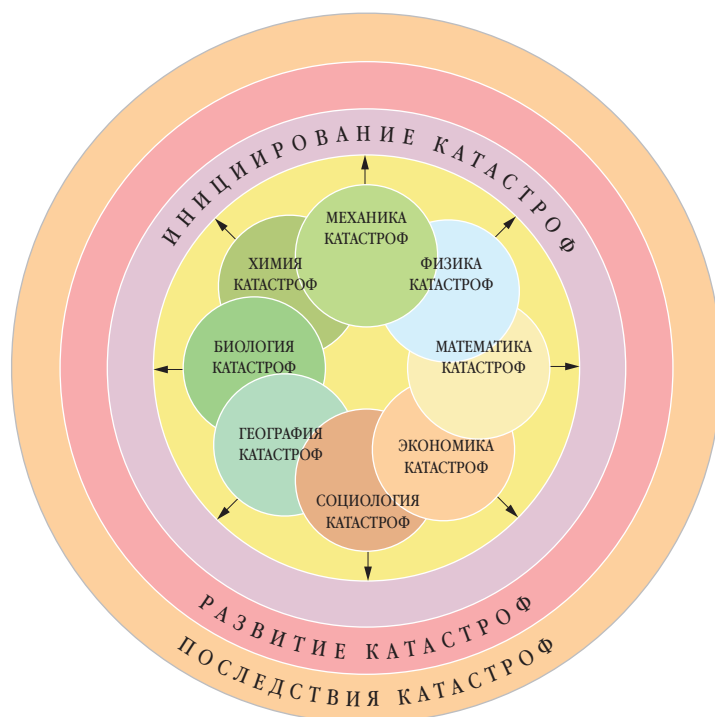
Техногенные риски связаны с отказами, авариями и катастрофами на функционирующих или создаваемых промышленных объектах техносферы, а технологические риски – с созданием (или не созданием) и использованием опасных или перспективных безопасных промышленных технологий. Экономические и экологические риски промышленного развития страны в значительной степени мо-

гут являться следствием реализации техногенных и технологических рисков как при штатных, так и при аварийных и катастрофических ситуациях в промышленном и оборонном комплексах страны.

Построение современных научно обоснованных методов обеспечения условий безопасного функционирования промышленных объектов становится возмож-



2



ОСНОВЫ ТЕОРИИ КАТАСТРОФ И АНАЛИЗА ИХ СЦЕНАРИЕВ

ным только с одновременным учетом и названных выше отдельных техногенных, технологических, экономических, экологических рисков, и интегральных (суммарных) рисков. Имевшее место в прошлом пренебрежение этими рисками в правовой и нормативно-технической документации, в регламентах и нормах не позволяло количественно предсказать, предупредить и минимизировать людские потери и ущерб здоровью, повреждения и разрушения промышленных инфраструктур, деградацию объектов природной среды.

В конце XX – начале XXI века в нашей стране Президентом, Советом Безопасности, Правительством, Федеральным Собранием Российской Федерации, Ростехнадзором, Росстандартом были предприняты существенные усилия по научному, правовому, социально-экономическому, надзорному управлению, обеспечению и повышению промышленной безопасности и включению в эти процессы анализа и регулирования рисков промышленной безопасности. Эта нашло свое отражение в наших статьях, опубликованных на страницах 23–26-го томов «Федерального справочника», вышедших в свет в 2010–2012 годах.

Обобщенные результаты научных, методических и прикладных отечественных разработок в этом направлении по рекомендации Совета Безопасности Российской Федерации были представлены Российской академией наук, МЧС, Минпромторгом, Минэнерго России, Ростехнадзором, а также ведущими промышленными структурами в 45-томной серии «Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты», издаваемой в 1998–2014 годах.

Как показали результаты научного анализа, фундаментальных и прикладных исследований в области применения концепции рисков для определения условий возникновения и развития чрезвычайных, аварийных и катастрофических ситуаций в промышленной сфере, качественное и количественное описание сценариев и последствий аварий и катастроф может быть осуществлено на базе использования фундаментальных закономерностей теории безопасности и катастроф (рис. 2). При этом стадии инициирования и развития аварийных и катастрофических ситуаций могут характеризоваться различным сочетанием механических, физических, химических, биологических поражающих и повреждающих факторов с широким спектром их последствий в сложной социально-природно-техногенной системе.

Опасные физические, химические, биологические и механические процессы, имеющие место даже в штатных условиях функционирования промышленных объектов, определяют краткосрочные, среднесрочные и долгосрочные последствия для жизнедеятельности и жизнеобеспечения. Результаты научного анализа условий перехода от штатных к аварийным и катастрофическим ситуациям показывают, что последние в значительной степени определяются как самими рабочими процессами в технических системах промышленных объектов, так и внешними по отношению к ним воздействиями, что сопровождается резким возрастанием рисков. Такие воздействия характеризуются также комплексом специфических факторов, описываемых биологическими, географическими, экономическими, социологическими аспектами анализа аварийных и ка-





тастрофических явлений на основе математического представления соответствующих сценариев их возникновения, развития и парирования.

Сказанное в полной мере обуславливает необходимость привлечения в алгоритмы построения опасных сценарных процессов решений проблем промышленной безопасности на базе результатов новых фундаментальных исследований и прикладных разработок:

- математической теории катастроф и вероятностной теории рисков;
- физики, химии и механики аварийных ситуаций и катастроф;
- теории предельных состояний, прочности и ресурса с учетом аварийных и катастрофических ситуаций;
- теории жесткой, функциональной и комбинированной аварийной защиты объектов, операторов и персонала;
- теории встроенного и дистанционного мониторинга и прогнозирования (с применением космических, воздушных и наземных систем) сценариев и последствий техногенных катастроф;
- научных методов, технологий и техники ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера.

Всё возрастающая актуальность таких исследований и разработок, являющихся научной основой обоснования промышленной безопасности, видна из данных о числе крупных техногенных и природных катастроф в мире в течение последних четырех десятилетий (рис. 3). Превышение числа техногенных катастроф над природными составило 1,2–1,7 раза при темпах роста порядка 10–12% в год; для природных катастроф эта величина была на уровне 7–8% в год. Если к концу XX века экономические ущербы от природных стихий превышали ущербы от техногенных катастроф, то начиная с первого десятилетия XXI века основной ущерб приносили уже техногенные катастрофы, в том числе крупнейшие – на Саяно-Шушенской ГЭС, морской платформе BP в Мексиканском заливе, на АЭС «Фукусима-1» (ущерб от каждой – от 5 до 20 млрд долларов). Важно, что при этом темпы роста мирового валового продукта составляли 2–3,5% в год. Это в целом указывает на снижение воз-

можностей мирового сообщества предупреждать и парировать техногенные риски.

В Российской Федерации в последние годы относительная устойчивость числа техногенных катастроф на уровне 350–500 в год сопровождалась ростом объемов общего ущерба от них при постепенном снижении темпов роста ВВП (от 4 до 1% в год). С учетом отмеченных основных закономерностей экономического развития и изменения техногенных рисков для дальнейшего анализа и прогноза состояния и повышения уровня национальной и промышленной безопасности исключительно важное значение имеют базовые положения Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года, федеральных законов о промышленной безопасности, о безопасности гидротехнических сооружений, о транспортной безопасности, о безопасности зданий и сооружений.

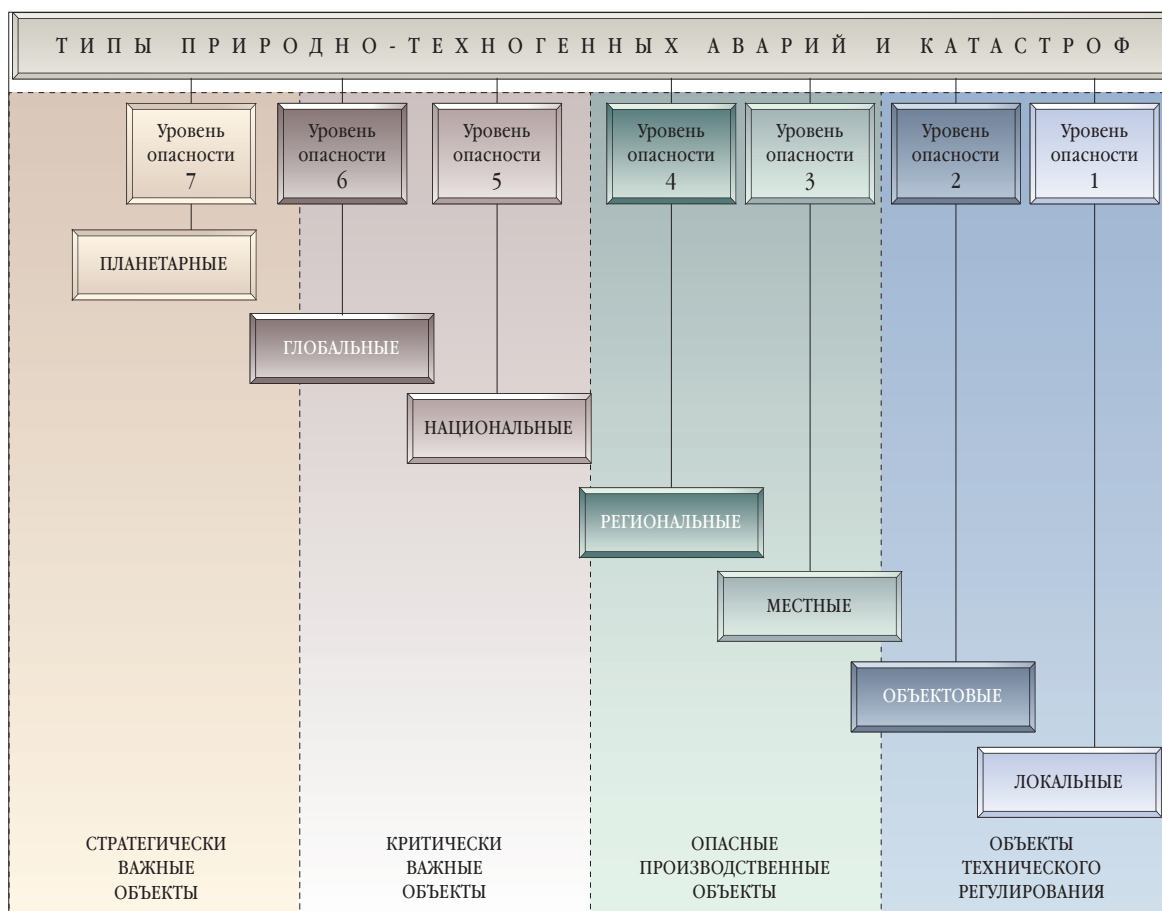
Исключительно важное значение для анализа, обеспечения и повышения безопасности промышленных объектов гражданского и оборонного назначения в рамках доминирующих и действующих концепций, стратегий, норм и регламентов имеет уровень научно-практического обоснования прогнозируемых и приемлемых рисков. В особой мере это относится к объектам с высокой степенью истощения назначенных ресурсов и к вновь создаваемым потенциально опасным промышленным объектам, а также к действующим объектам.

По уровню значимости и потенциальной опасности согласно требованиям федерального законодательства и решений Совета Безопасности, Федерального Собрания и Правительства Российской Федерации и с учетом риска возникновения возможных аварий и катастроф объекты техносферы могут быть классифицированы в виде четырех основных групп, для которых предусмотрены соответствующие требования к обеспечению безопасности:

- объекты технического регулирования (ОТР), безопасность эксплуатации которых должна обеспечиваться по закону о техническом регулировании (их число измеряется миллионами и десятками миллионов);
- опасные производственные объекты (ОПО), безопасность эксплуатации которых должна обеспе-



4



КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ СОБЫТИЙ

чиваться по закону о промышленной безопасности (их число измеряется сотнями тысяч);

- критически важные объекты (КВО), безопасность эксплуатации которых должна обеспечиваться по решению Совета Безопасности Российской Федерации (их число измеряется тысячами);
- стратегически важные объекты (СВО), безопасность функционирования которых в соответствии с рекомендациями Совета Безопасности, Федерального Собрания, Правительства Российской Федерации и Российской академии наук влияет на состояние национальной безопасности страны (их число измеряется сотнями).

При этом важно исходить из того, что КВО и СВО могут по принятому в 2013–2014 годах законодательству выделяться из ОПО I и II класса опасности.

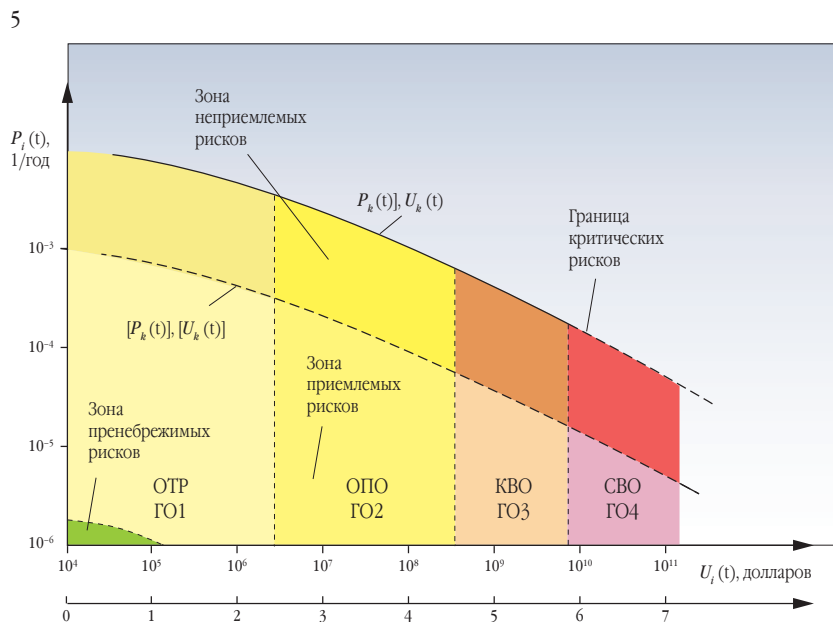
По величинам рисков, характерных для названных ОТР, ОПО, КВО и СВО, может быть проведено категорирование (классификация) неблагоприятных процессов и событий (рис. 4), определяемых по степени нарастания их опасности как локальные (1), объектовые (2), местные (3), региональные (4), национальные (5), глобальные (6), планетарные (7).

Знание параметров вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций на промышленных объектах

$P(\tau)$ и ожидаемых при этом ущербов $U(\tau)$ позволяет определить для них значения соответствующих рисков $R(\tau)$, а также построить (рис. 5) кривые их критических, неприемлемых рисков (с параметрами $P_c(\tau)$, $U_c(\tau)$) и допускаемых, приемлемых (с параметрами $[P(\tau)]$, $[U(\tau)]$). При этом области таких значений и соответствующие им классы опасных ситуаций, аварий и катастроф (от 1-го до 7-го) могут быть сопоставлены с названными выше категориями соответствующих потенциально опасных объектов (ОТР, ОПО, КВО, СВО).

Система государственного регулирования и надзора за комплексной безопасностью, включая промышленную безопасность, на большом числе СВО, КВО, ОПО и ОТР охватывает широкий спектр технологий, сценариев аварий и катастроф, видов повреждений, условий нагружения, а также используемых при этом методов диагностики и мониторинга их состояния. В наибольшей степени продвинутыми оказались вопросы декларирования и экспертизы промышленной безопасности ОПО. В настоящее время преимущественно проявляется актуальность анализа рисков тяжелых катастроф (5–7-го классов по рис. 3 и 4) для КВО и СВО. Возможности расчетных оценок рисков при этом, к сожалению, пока крайне низки (менее 0,01%). Предельно опасные угрозы безопасным условиям эксплуатации этих объектов тех-





ОБЛАСТИ ПРИЕМЛЕМЫХ И НЕПРИЕМЛЕМЫХ РИСКОВ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ И КАТЕГОРИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

носферы оцениваются по величинам критических рисков $R_c(\tau)$ как от единичных неблагоприятных событий с тяжелыми ущербами $U(\tau)$ даже при малых вероятностях $P(\tau)$, так и от различных их сочетаний с варьируемыми ущербами $U(\tau)$, но при более высоких вероятностях.

В качестве обобщающих параметров использования показателей риска для оценки условий возникновения неблагоприятных ситуаций и событий и анализа величины способного реализоваться в этих условиях ущерба в комплексной системе «техносфера – окружающая среда – человек» могут быть использованы две группы рисков:

- индивидуальные риски $R_u(\tau)$ неестественной потери человеческой жизни или здоровья (при возникновении техногенных аварий и катастроф, пожарах, природных явлениях и т.п.);
- экономические риски $R_s(\tau)$, определяемые прямыми и косвенными экономическими ущербами с учетом ущербов от потери человеческой жизни и здоровья.

В рамках действующих правовых и нормативно-технических документов в сфере промышленной безопасности наибольшее применение получили индивидуальные риски $R_u(\tau)$. Вместе с тем значительные последствия экологического и экономического характера от промышленных аварий могут возникать и при малых величинах $R_u(\tau)$. В связи с этим важными интегральными параметрами для оценки промышленной безопасности будут становиться экономические риски $R_s(\tau)$, экономические ущербы $U(\tau)$ и вероятности $P(\tau)$ неблагоприятных процессов и событий с учетом техногенных, природных и антропогенных поражающих и повреждающих факторов:

$$R_s(\tau) = R_T(\tau) + R_Q(\tau) + R_{II}(\tau) \quad (1)$$

Обобщение большого объема информации о возникновении чрезвычайных ситуаций на потенциально

опасных промышленных объектах показало, что исключительную важность для обеспечения промышленной безопасности имеет классификация (категорирование) как самих таких объектов, так и вызывающих их опасностей и чрезвычайных ситуаций. При этом было выделено семь классов (категорий) опасных ситуаций (К1-К7) для всех основных типов потенциально опасных промышленных объектов:

К1 – локальные опасные ситуации на ОТР, ОПО, КВО и СВО, возникающие на отдельных агрегатах технических систем и производств и обусловленные накоплением повреждений и отказами – образованием дефектов, коррозионными повреждениями, технологическими повреждениями с небольшими ущербами $U_i(\tau)$ в пределах 10^4 – 10^5 рублей;

К2 – объектовые опасные ситуации на ОТР, ОПО, КВО и СВО, возникающие на отдельных объектах с образованием технологических повреждений, трещин, изменений геометрической формы сечений, коррозионных язв и т.п. с ущербами $U_i(\tau)$ в пределах 10^5 – 10^6 рублей;

К3 – местные опасные и чрезвычайные ситуации на ОПО, КВО и СВО, возникающие на отдельных объектах с частичным повреждением объекта, его узлов и агрегатов с ущербами $U_i(\tau)$ до 10^6 – 10^7 рублей и более;

К4 – региональные чрезвычайные ситуации на КВО и СВО, возникающие на наиболее опасных объектах техносферы с образованием значительных повреждений их оборудования, угрозой жизни и здоровью операторов, персонала и населения, а также окружающей среде с ущербами $U_i(\tau)$ до 10^7 – 10^8 рублей и более;

К5 – национальные чрезвычайные ситуации на КВО и СВО, возникающие на особо крупных и опасных объектах и промышленных предприятиях с проявлением сильных пожаров и взрывов, гибелью операторов, персонала и населения, разрушением инфраструктуры



Таблица 1

**ТИПЫ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ
И СТЕПЕНЬ ЗАЩИЩЕННОСТИ ОТ НИХ ОБЪЕКТОВ**

| Анализируемые ситуации | Защищенность | Риски |
|----------------------------------|---------------|---------------|
| Нормальные условия эксплуатации | Повышенная | Управляемые |
| Отклонения от нормальных условий | Достаточная | Регулируемые |
| Проектные аварии | Частичная | Анализируемые |
| Запроектные аварии | Недостаточная | Повышенные |
| Гипотетические аварии | Низкая | Высокие |

и повреждением объектов природной среды и с ущербами $U_i(\tau)$ до 10^8 – 10^9 рублей и более;

К6 – глобальные чрезвычайные ситуации на СВО, возникающие на крупнейших объектах промышленной инфраструктуры с нанесением ущербов населению, другим объектам и окружающей природной среде и нарушением условий жизнеобеспечения регионов и государств, использующих эти объекты; при этом экономические потери могут измеряться в пределах 10^9 – 10^{10} рублей и более;

К7 – планетарные катастрофы на СВО, возникающие при экстремальных воздействиях военного, техногенного или природного характера с тяжелыми последствиями для жизнедеятельности государств, континентов и планеты в целом.

При промышленных авариях и катастрофах определенного i -типа потенциальная опасность рассматриваемых объектов определяется тремя (И1-И3) основными иницирующими и поражающими факторами:

И1 – неконтролируемыми выбросами опасных, в том числе горючих и отравляющих, веществ $W_i(\tau)$;

И2 – неконтролируемыми выбросами опасной энергии $E_i(\tau)$ (упругой, кинетической, тепловой, акустической, вибрационной);

И3 – опасными нарушениями и повреждениями информационных потоков $I_i(\tau)$ в системах управления и регулирования процессов функционирования летательных аппаратов и обеспечения их безопасности (поражениями первичных преобразователей, систем связи, программных продуктов, систем автоматизированной защиты).

В рамках действующего законодательства о промышленной безопасности основное внимание уделяется фактору И1; в дальнейшем будет становиться важным совместный учет факторов $W_i(\tau)$, $E_i(\tau)$, $I_i(\tau)$. Тогда для интегральных экономических рисков $R_3(\tau)$ определяющим будет выражение:

$$R_3(\tau) = \sum_i P_i(\tau) U_i(\tau) = \sum_i \{R_{W_i}(\tau) + R_{E_i}(\tau) + R_{I_i}(\tau)\} \quad (2),$$

где $P_i(\tau)$ – вероятности (частоты) и $U_i(\tau)$ – ущербы от i -возникших промышленных аварий и катастроф.

При уточненном по выражению (2) анализе безопасности и рисков эксплуатации промышленных объектов следует учитывать указанные ниже основные факторы (Ф1-Ф3), создающие опасные промышленные i -ситуации:

Ф1 – техногенный фактор, обусловленный внутренними и внешними опасными механическими, химическими и физическими факторами, включая условия и параметры нагруженности, состояние конструкционного материала и др.;

Ф2 – антропогенный (человеческий) фактор, обусловленный опасными действиями человека (в том числе несанкционированными и террористическими) на всех стадиях жизненного цикла рассматриваемого объекта (проектирование, изготовление, контроль, эксплуатация) в штатных и нештатных ситуациях (включая несанкционированные, террористические и военные воздействия);

Ф3 – природный фактор, обусловленный воздействием природных явлений:

$$R_3(\tau) = \sum_i \{R_{T_i}(\tau) + R_{q_i}(\tau) + R_{П_i}(\tau)\} \quad (3).$$

Интегральные $R_3(\tau)$ риски промышленных аварий и катастроф по выражению (3) в общем случае обусловлены не только отдельными указанными факторами (Ф1, Ф2, Ф3), но и их различными сочетаниями (социально-природно-техногенных факторов Ф1-Ф2-Ф3, природно-техногенных Ф1-Ф2, техногенно-антропогенных Ф2-Ф3) во взаимодействии.

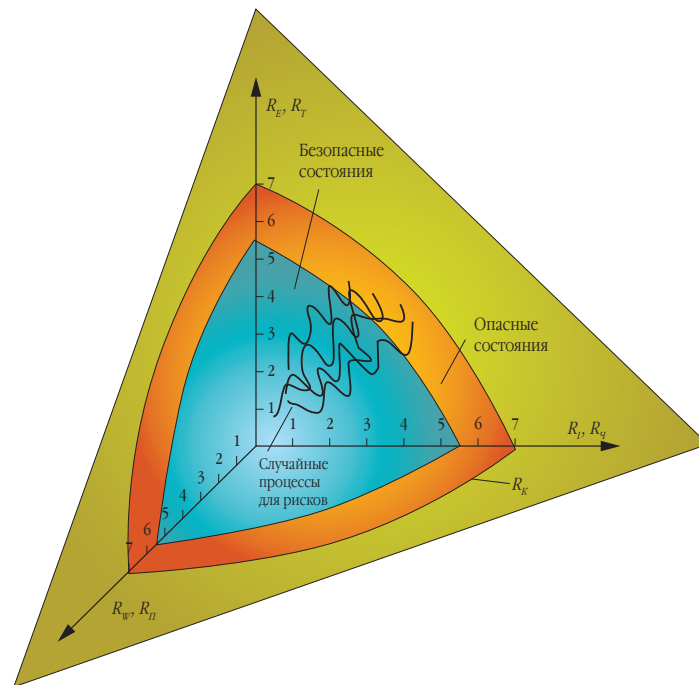
В рамках действующего законодательства о промышленной безопасности основное внимание уделяется факторам Ф1 и Ф1-Ф2. Для ОПО I и II классов, а также для КВО и СВО оценки промышленных рисков следует проводить по выражениям (2), (3).

При создании и эксплуатации промышленных объектов всех классов и категорий (по рис. 4 и 5) должно предусматриваться введение в анализ пяти типов (Т1-Т5) штатных, аварийных и катастрофических ситуаций (табл. 1):

Т1 – нормальные (штатные) условия эксплуатации ОТР, ОПО, КВО и СВО в соответствии с принятыми нормами и правилами;



6



ПРЕДЕЛЬНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ КРИТИЧЕСКИХ И ПРИЕМЛЕМЫХ РИСКОВ
ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СОЗДАНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

T2 – режимные отклонения от нормальных условий эксплуатации с проведением регламентированных диагностических и ремонтно-восстановительных работ (возникают при штатном функционировании ОТР, ОПО, КВО и СВО, последствия от них предсказуемые, защищенность от них достаточная);

T3 – проектные аварийные ситуации с повреждениями узлов и агрегатов ОТР, ОПО, КВО и СВО, требующими остановки эксплуатации, принятия специальных решений и ремонтно-восстановительных работ (возникают при выходе за пределы штатных режимов с предсказуемыми и приемлемыми последствиями, защищенность от них частичная);

T4 – запроектные аварийные и катастрофические ситуации на ОПО I и II классов опасности, на КВО и СВО с непредвиденными источниками и последствиями (возникают при необратимых повреждениях ответственных элементов с высокими ущербами и человеческими жертвами; степень защищенности от них недостаточная);

T5 – гипотетические катастрофические ситуации, обусловленные наиболее сильными и трудно прогнозируемыми экстремальными воздействиями на такие объекты техносферы, как КВО и СВО (могут возникать при не предсказанных заранее вариантах и сценариях развития с максимально возможными ущербами и жертвами; защищенность от них низкая).

Типы опасных ситуаций T1-T5 обусловлены указанными выше иницирующими И1-И3 и поражающими факторами Ф1-Ф3.

При дальнейших разработках правовой и нормативно-технической документации, комплексных ме-

тодов и систем обеспечения защиты промышленных объектов от угроз техногенного, антропогенного и природного характера должны постулироваться названные выше аварийные ситуации и учитываться необходимость решения следующих двух базовых задач:

- снижение рисков опасностей, угроз и иницирующих воздействий и предупреждение возникновения промышленных аварий и катастроф;
- снижение рисков развития чрезвычайных ситуаций техногенного характера вследствие реализации угроз.

При обосновании промышленной безопасности и анализе возникновения опасных ситуаций (классы K1-K7, типы T1-T5), диагностировании, нормировании и мониторинге безопасности и рисков подлежит учету характер воздействия и поражения (X1-X4) от реализации аварийных и катастрофических процессов:

X1 – механические разрушения и осколочные поражения от разрушения деталей, узлов и агрегатов и примыкающих конструкций;

X2 – взрывы углеводородсодержащих, дисперсно-газовоздушных смесей и поражения от взрывных волн;

X3 – пожары от возгорания легковоспламеняющихся веществ промышленного производства и сопутствующие им тепловые излучения;

X4 – выброс продуктов горения, отравляющих и загрязняющих веществ с предельными дозовыми и концентрационными параметрами с поражением ими людей и окружающей природной среды.

Возникновение и развитие аварийных и катастрофических ситуаций на потенциально опасных про-



7



ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ЗАЩИЩЕННОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

мышленных объектах проходит через ряд последовательных стадий (С1-С5):

С1 – появление и накопление рассредоточенных многоочаговых повреждений в механических системах при штатных и нештатных режимах изготовления и эксплуатации промышленных объектов;

С2 – возникновение отказов в зонах исходных дефектов или в зонах максимального накопления повреждений деталей узлов и агрегатов, обусловленным образованием, например, течей, нарушением геометрических форм элементов несущих конструкций и т.п.;

С3 – частичные разрушения несущих элементов с образованием малых и ограниченных разрушений при штатных и нештатных режимах;

С4 – аварии на рассматриваемых объектах с образованием магистральных, объемных разрушений, выходом рабочего тела за пределы объектов, возникновением взрывов и пожаров, загрязнением окружающей среды;

С5 – тяжелые катастрофы с крупномасштабными разрушениями, гибелью людей и трудноисполнимыми ущербами для окружающей среды.

Анализ интегральных экономических рисков $R_3(t)$ для рассмотренных видов аварийных и катастрофических ситуаций С1-С5 может проводиться на основе выражений (1)–(3) для всех видов опасных объектов (ОТР, ОПО, КВО и СВО). При этом для ситуаций С5 и С4 в пер-

вую очередь должны рассматриваться экстремальные внешние техногенно-антропогенные воздействия на наиболее важные узлы и агрегаты рассматриваемых КВО и СВО и их компоненты, а также экстремальные повреждения несущих элементов этих объектов.

В соответствии с Федеральным законом от 28 июня 2014 года №172-ФЗ «О стратегическом планировании в Российской Федерации» одним из практически важных решений по реализации фундаментальных научных исследований и прикладных разработок в области обеспечения безопасности промышленных объектов должно стать научно-методическое обоснование и построение предельных поверхностей и кривых (рис. 6) неприемлемых (недопустимых) $R_{ки}(t)$ и $R_{кэ}(t)$ и приемлемых (допустимых) $[R_u(t)]$ и $[R_3(t)]$ рисков тяжелых аварий и катастроф на ОПО, КВО и СВО, определяемых соответствующими величинами вероятностей $P(t)$ и $[P(t)]$ и ущербов $U(t)$ и $[U(t)]$.

Стратегическим приоритетом создания и функционирования различных типов (классов) промышленных объектов является удержание в построенном по компонентам присутствующих рисков трехмерном пространстве допустимых, опасных и неприемлемых состояний радиуса-вектора от вероятностных интегральных составляющих рисков $R_i(t)$. Данный радиус-вектор, характеризующий текущее состояние рассматриваемого



объекта, формируется в пространстве приемлемых рисков для заданной стадии жизненного цикла τ и указанных выше классов К7-К1 опасных ситуаций (рис. 6) в соответствии с выражениями (1)–(3):

$$R_3(\tau) \leq [R_3(\tau)] = \frac{R_{кэ}(\tau)}{n_{R_3}} \quad (4),$$

$$R_u(\tau) \leq [R_u(\tau)] = \frac{R_{ку}(\tau)}{n_{R_u}} \quad (5),$$

где n_{R_3} , n_{R_u} – запасы по экономическим и индивидуальным рискам ($n_R \leq 1$).

В определении соответствующих показателей рисков в выражениях (1)–(5) для промышленных объектов с целью стратегического планирования и управления промышленной безопасностью различных категорий объектов (ОТР, ОПО, КВО и СВО) могут участвовать соответствующие научные, административные и надзорные органы; в том числе для ОТР ими могут быть (рис. 4) проектные и эксплуатирующие предприятия или саморегулируемые организации, для ОПО III и IV классов опасности – местные органы исполнительной власти или региональные органы исполнительной власти, для ОПО I и II классов опасности, КВО и СВО ими могут быть Совет Безопасности Российской Федерации, отраслевые ведомства, Российская академия наук, МЧС России, Ростехнадзор, федеральные органы исполнительной власти.

В настоящее время в нашей стране в соответствии со стратегией национальной безопасности, федеральным законодательством в области промышленной безопасности и стратегического планирования начинают формироваться новые стратегические основы (рис. 7) системы обеспечения защищенности опасных производственных объектов I и II классов опасности, критически и стратегически важных для национальной безопасности промышленных объектов в первую очередь от тяжелых катастроф техногенного характера регионального, национального, глобального масштаба с большими социально-экономическими последствиями и высокими рисками $R_u(\tau)$ и $R_3(\tau)$. Постановка таких государственных задач осуществляется на основании федеральных законов, указов президента Советом Безопасности Российской Федерации и его научным советом в соответствии с положениями Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года.

При этом основой реализации всего комплекса государственных мероприятий в данном направлении, включая нормирование, декларирование, экспертизу и фундаментальные исследования, являются базовые по-

ложения законодательства о стратегическом планировании, ориентированные на два приоритета – социально-экономическое развитие и обеспечение национальной безопасности. Эти приоритеты будут соблюдаться через государственные, федеральные целевые и специальные программы, проблемные планы Российской академии наук. Главными результатами работ будут федеральные законы, указы президента, федеральные нормы и правила, технические регламенты, стандарты Российской Федерации, Таможенного, Евразийского экономического союзов и Союзного государства.

Фундаментальные междисциплинарные исследования по развитию теории безопасности, физики, химии, механики, биологии и экономики катастроф и созданию необходимой критериальной базы проводит Российская академия наук, а их координацию осуществляет Рабочая группа при президенте РАН по анализу риска и проблем безопасности. Важнейшие исследования и разработки российской системы реагирования на чрезвычайные ситуации проводит МЧС России. Отраслевые министерства, госкорпорации и специализированные компании реализуют конструкторские, технологические и эксплуатационные мероприятия по повышению безопасности и снижению рисков. Нормативно-техническое обеспечение и государственный надзор за безопасностью в промышленной сфере осуществляют Ростехнадзор и Росстандарт. Применительно к оборонному комплексу соответствующие исследования и разработки по повышению промышленной безопасности выполняются предприятиями ВПК и силовыми ведомствами.

Обобщая изложенное, следует отметить, что поэтапный переход на создание и обеспечение условий безопасной эксплуатации промышленных объектов на основе концепции стратегических рисков позволит повысить технологическую независимость страны и эффективность ее новой промышленной политики. Создание и использование систем встроенного и дистанционного диагностирования и мониторинга состояния промышленных объектов и рисков для оценки состояния как непосредственно промышленных объектов в процессе их эксплуатации, так и в целом техносферы, природной среды и социума с соблюдением всё возрастающих требований к приемлемым уровням возникающих рисков и к защите от возникновения тяжелых промышленных аварий и катастроф составляют суть перехода на новый уровень государственного управления комплексной безопасностью, отвечающий современным опасностям, вызовам и угрозам развитию страны в ближайшей и отдаленной перспективе.