

КРИТЕРИИ БЕЗОПАСНОСТИ И РИСКОВ В ПРОБЛЕМАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ, МОДЕРНИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ ТЕХНОСФЕРЫ

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

Николай Андреевич
Махутов



ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В самые последние годы XX века и в первом десятилетии XXI века на фоне глобальных динамических процессов, протекающих в социальной, экономической, природной и техногенной сферах жизнедеятельности человека, общества, государства и человечества, всеобщее признание получили две тенденции:

- стремление осуществить крупнейшие международные и национальные проекты по улучшению качества жизни и устойчивому сохранению окружающей природной среды;
- нарастание угроз дальнейшему устойчивому развитию человечества и среде его обитания.

Эти тенденции нашли свое отражение в известных решениях ООН, региональных организаций и отдельных государств по проблемам устойчивого развития (Рио-де-Жанейро – 1992 год, Йоханнесбург – 2002 год, Кобэ – 2005 год). Вместе с тем уже в XXI веке человечество столкнулось с глобальными и региональными катастрофами: цунами в Юго-Восточной Азии в 2004 году, землетрясения в Китае в 2008 году и на Гаити в 2010 году, военные конфликты в Ираке и Афганистане, национальный и международный терроризм, мировой экономический кризис, начавшийся в 2008 году. Все они указывают на то, что предлагаемые стратегии прогнозирования и управления дальнейшим развитием

без прямого количественного учета все возрастающих угроз могут оказаться недостаточными, неэффективными и небезопасными.

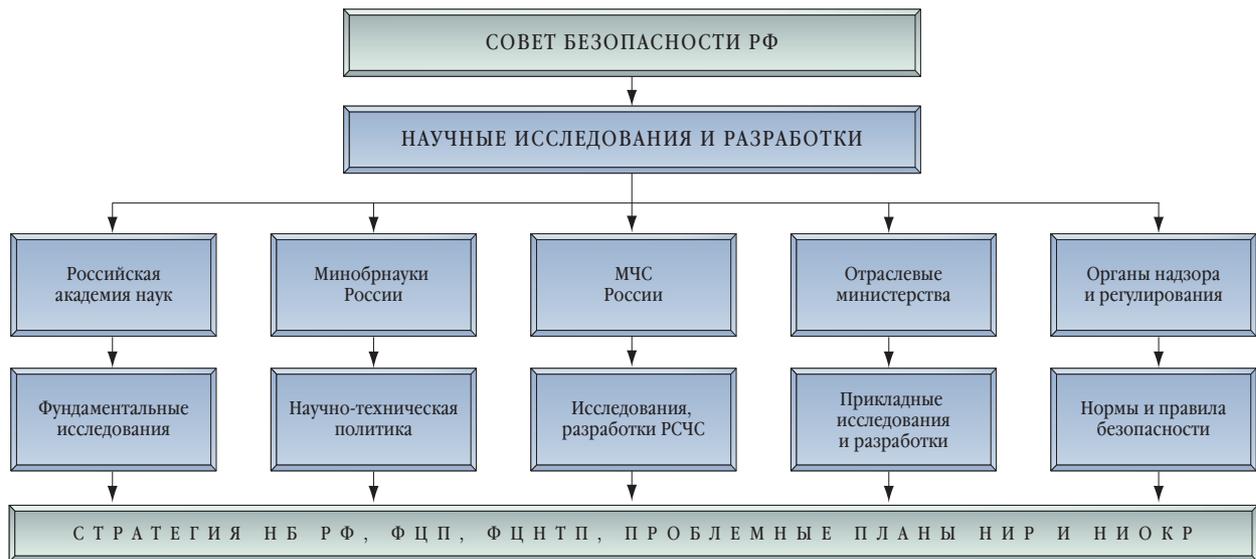
Материально-технической основой достижения указанных целей являются объекты и инфраструктура гражданского и оборонного комплексов страны, входящие в сложную социально-природно-техногенную систему ее жизнеобеспечения. В этой системе формируются и реализуются технологические и техногенные риски ее развития и функционирования, риски возникновения аварийных и катастрофических ситуаций, сопровождающихся гибелью людей, разрушением объектов и поражениями природной среды. Эти риски должны вводиться в анализ эффективности модернизации и развития не только техносферы, но и экономики страны в целом и ее национальной безопасности.

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ АНАЛИЗА РИСКОВ С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ СТРАТЕГИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Основополагающим документом в сфере регулирования жизнедеятельности государства становится Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года, утвержденная Указом Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 года №537. Поручением Президента Российской Федерации от 26 мая 2009 года предусмотрена разработка комплексных мероприятий по реализации этой стратегии.

Стратегия-2020 является официально признанной системой стратегических приоритетов, целей и мер в области внутренней и внешней политики, определяющих состояние национальной безопасности и уровень устойчивого развития государства на долгосрочную перспективу. В ней определены главные стратегические риски и угрозы национальной безопасности, сформулирована задача системы научного и технологического прогнозирования и риски для научных и технологических приори-

1



НАЦИОНАЛЬНАЯ И МЕЖВЕДОМСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ
ПО НАУЧНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

тетов, усиления интеграции науки, образования и производства, создания комплексной системы контроля над рисками.

Российская академия наук совместно с органами исполнительной власти принимала участие в подготовке Советом Безопасности Российской Федерации научных основ данного документа. При этом в качестве основной задачи выдвигается подготовка и создание междисциплинарной, межотраслевой и межведомственной системы оценки рисков.

Систематические фундаментальные и прикладные исследования (рис. 1), выполненные в последние два десятилетия научными институтами Российской академии наук, научными организациями МЧС России, Минобрнауки России, Минобороны России, Минпромторга России, Минэкономразвития России, Минтранса России, Ростехнадзора и Ростехрегулирования, создают основы новых подходов к обеспечению защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, к анализу промышленной, экологической, радиационной, химической, энергетической безопасности.

Обобщение результатов этих исследований осуществлено в 33-томной серии «Безопасность России», в 6-томной серии «Природные опасности России», в уникальном Атласе природных и техногенных опасностей в Российской Федерации, в 3-томной серии «Россия в борьбе с катастрофами», в 4-томной энциклопедии «Гражданская защита», в 4-томном издании «Материалы государств-участников СНГ в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций».

Итогом сформировавшейся в нашей стране государственной политики в области анализа, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций преимущественно природного и техногенного характера стало создание и официальное открытие в Москве в апреле 2008 года Национального центра управления в кризисных ситуациях – НЦУКС, создание при МЧС России Экспертного

советов и выпуск специализированного журнала «Проблемы анализа риска».

Развитие в 2008–2012 годах фундаментальных разработок до 2012 года по комплексам направлений естественных, технических и общественных наук предусмотрено распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 февраля 2008 года №233-р, утвердившим Программу фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2008–2012 годы, и постановлением Президиума РАН об утверждении плана фундаментальных исследований Российской академии наук до 2025 года. В качестве основных целей названных программ признаны расширение и углубление знаний о природе, человеке и обществе для повышения эффективности использования потенциала отечественной фундаментальной науки в интересах социально-экономического развития и укрепления безопасности Российской Федерации на базе междисциплинарных фундаментальных исследований и экспертизы крупных национальных проектов.

С учетом изложенного основными задачами РАН в сфере безопасности являются:

- формирование на основе исследований по социальным, естественным и техническим наукам фундаментальной базы анализа рисков в трех основных сферах жизнедеятельности – социальной, природной и техногенной, составляющих единую сложную социально-природно-техногенную систему «человек – природа – инфраструктура»;
- построение обобщенной модели указанной сложной системы с определением роли ее основных компонентов N, S, T в величинах базовых параметров рисков – вероятностей возникновения неблагоприятных процессов и событий (опасностей, вызовов, угроз, кризисов, катастроф) и сопутствующих им ущербов;



2



МНОГОТОМНОЕ ИЗДАНИЕ «БЕЗОПАСНОСТЬ РОССИИ»

– построение сценариев неблагоприятных событий в сложной системе и количественная оценка рисков через параметры главных иницирующих и поражающих факторов – опасных энергий, веществ и потоков информации.

На этой основе разрабатываются принципы категорирования чрезвычайных ситуаций, высокорисковых объектов и опасных процессов по величинам рисков.

В число основных решаемых задач входит подготовка исходных предложений по нормированию и регулированию рисков на всех уровнях государственного управления. На базе этих предложений органами государственного управления (Совет Безопасности Российской Федерации) будут формироваться единые требования к обеспечению безопасности человека, общества и государства. Это вытекает из Конституции Российской Федерации и Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года.

Суть нормирования, регулирования и управления обеспечением национальной безопасности сводится к требованию, чтобы величины формирующихся и реализующихся рисков не превышали величин приемлемых рисков на заданном временном интервале.

Задача фундаментальной и прикладной науки сводится к разработке методов определения рисков.

Величина приемлемых рисков устанавливается или назначается органами высшего государственного управления (Президентом, Правительством, Федеральным Собранием Российской Федерации) с учетом возможностей и потенциала страны, уровня научных обоснований, отечественного и мирового опыта.

Определяющими параметрами в этом случае являются две группы рисков:

- индивидуальные риски (1 в год) потери жизни и здоровья человека от указанных выше неблагоприятных процессов и явлений;
- экономические риски (рублей в год) от неблагоприятных процессов и явлений, учитывающие уязвимость социальной, природной и техногенной сфер.

В экономические риски включаются экономический ущерб от потери жизни и здоровья людей, от пора-

жений окружающей природной среды и технических инфраструктур.

Научное обоснование приемлемых рисков состоит в разработке методологии определения критических (предельных, недопустимых) рисков и назначении запасов по этим рискам.

РАН, МЧС России, Минпромторг России, Ростехнадзор, Ростехрегулирование и другие ведомства начинают использование системы этих подходов для анализа стратегических рисков национальной безопасности и рисков технического регулирования.

Для достижения расчетными рисками на данном отрезке времени приемлемых рисков и запасов по рискам необходимо осуществление комплексов мероприятий с соответствующими экономическими затратами. Эти мероприятия, направленные на снижение формирующихся рисков до приемлемого уровня, должны быть эффективными и связанными с уровнями расчетных рисков.

Научные и прикладные разработки по проблемам безопасности и рисков в ближайшей и отдаленной перспективе будут увязаны с основами государственной политики по дальнейшему социально-экономическому и научно-техническому развитию страны до 2020–2030 годов и модернизации ее экономики, сформулированной поручениями Президента Российской Федерации от 18 апреля 2008 года и от 26 мая 2009 года, решениями Государственного совета Российской Федерации 2009–2010 годов, Посланием Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации на 2009 год.

Важным направлением востребованности разработок РАН может стать развитие научных исследований в обоснование 5 национальных приоритетов, 8 приоритетных научных направлений и 34 критических технологий России, утвержденных Президентом Российской Федерации.

Еще одно направление деятельности РАН и ведущих научных центров страны в рассматриваемом ключе может быть увязано с реализацией 8 федеральных целевых программ (ФЦП) до 2010–2015 годов, включая программы по снижению рисков и смягчению последствий чрезвычайных ситуаций, повышению сейсмоустойчивости жилых домов, основных объектов и систем жиз-



необеспечения, пожарной безопасности, о национальной системе химической и биологической безопасности, национальной технологической базе, развитии атомного энергопромышленного комплекса, исследованиях и разработках по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса.

Вместе с тем в ряде указанных программ пока отсутствуют количественные показатели стратегических рисков в условиях модернизации экономики России, что затрудняет как планирование самих мероприятий, так и контроль и надзор со стороны государства за эффективной их реализацией.

Таким образом, решение рассмотренных выше задач закладывает научные основы будущей концепции создания и развития государственной оценки состояния комплексной безопасности России по критериям рисков при реализации экономических и инфраструктурных проектов на 2010–2015 годы и прогнозов на период до 2020–2030 годов. Это будет поворотным моментом к переходу на новые методологические основы и принципы обеспечения и повышения защищенности человека, общества, государства, окружающей среды от негативных процессов и явлений, повышающих в конечном счете стратегические риски России. Их снижение по всем направлениям будет возможно на основе глубоких фундаментальных, поисковых и прикладных исследований опасных процессов, создания новой критериальной базы безопасности, методов и систем парирования и оптимизации рисков в социальной, природной и техногенной сферах жизнеобеспечения.

КАТЕГОРИРОВАНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ОПАСНОСТЕЙ В ТЕХНОСФЕРЕ

Техногенная сфера включает в себя все жизненно важные объекты, созданные человеком на протяжении многих десятилетий (энергетические, транспортные, коммуникационные, строительные, промышленные, горнодобывающие, оборонные). По мере все ускоряющегося развития и усложнения техногенной сферы анализ техногенной безопасности становится одной из наиболее актуальных задач фундаментальных междисциплинарных исследований, прикладных научно-технических разработок, создания систем диагностики и мониторинга, построения барьеров и средств защиты. Конечной целью таких исследований и разработок является научно обоснованная оценка возрастающих рисков техногенных катастроф и прогноз доведения этих рисков до приемлемых уровней.

Анализ и обобщение многочисленных данных (получаемых тысячами и десятками тысяч в наиболее развитых странах) позволили провести определенную классификацию техногенных и природно-техногенных аварий и катастроф. По масштабам охвата, по числу жертв и пострадавших, по экономическому и экологическому ущербу могут быть выделены следующие классы катастроф: планетарные, глобальные, национальные, региональные, местные, объектовые и локальные (рис. 3).

По степени потенциальной опасности, приводящей к подобным катастрофам в техногенной сфере, можно выделить объекты ядерной, химической, металлургической и горнодобывающей промышленности, уникальные инженерные сооружения (плотины, эстакады, нефтегазохранилища), транспортные системы (аэрокосмические, надводные и подводные, наземные), перевозящие опасные грузы и большие массы людей, магистральные газо-, нефте-, продуктопроводы. Сюда же относятся опасные объекты оборонного комплекса – ракетно-космические и самолетные системы с ядерными и обычными зарядами, атомные подводные лодки и наземные суда, крупные склады обычных и химических вооружений.

Аварии и катастрофы на указанных объектах могут инициироваться опасными природными явлениями – землетрясениями, ураганами, штормами. Сами техногенные аварии и катастрофы при этом могут сопровождаться радиационными и химическими повреждениями и заражениями, взрывами, пожарами, обрушениями. Типы и параметры поражающих факторов при этом могут изменяться в весьма широких пределах.

При этом большинство аварий и катастроф сопровождается нарушением условий прочности и исчерпанием ресурса наиболее нагруженных элементов в штатных или аварийных ситуациях. Вероятности, характеризующие частоту или периодичность возникновения наиболее тяжелых катастроф в мирное время, составляют от $(2\div 3)\times 10^{-2}$ до $(0,5\div 1)\times 10^{-1}$ катастроф в год, а ущербы – от 10^{11} до 10^9 долларов в каждой катастрофе. При этом их риски, как произведение ущербов на вероятности, изменяются в пределах от 10^4 до 10^{10} долларов в год.

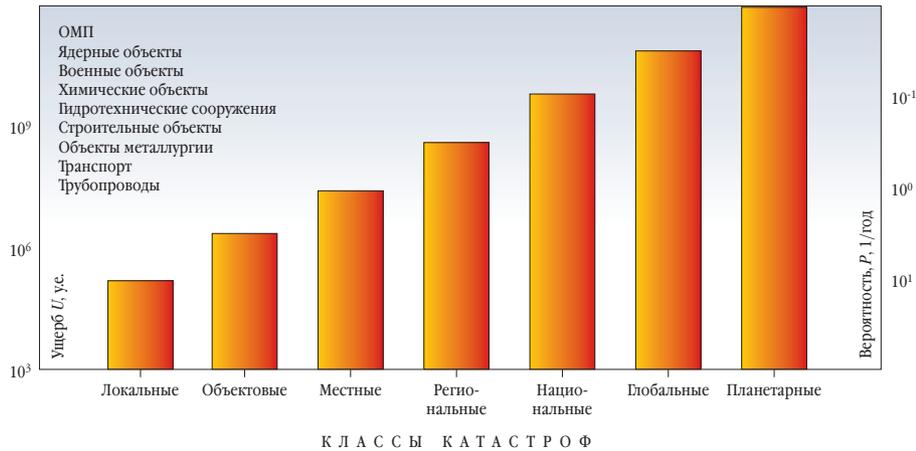
При анализе безопасности техногенной сферы следует учитывать как упомянутые выше ущербы, так и серийность соответствующих потенциально опасных объектов. Наиболее тяжелые аварийные ситуации возникают на уникальных объектах гражданского и оборонного назначения – единичных и серийных. Число однотипных атомных энергетических реакторов составляет 1–10 при их общемировом числе в эксплуатации 450–500, число однотипных ракетно-космических систем обычно составляет от 3–5 до 50–80. Среднесерийные потенциально опасные объекты исчисляются сотнями и тысячами, а крупносерийные – десятками тысяч и сотнями тысяч (автомобили, сельскохозяйственные машины, станки).

Исключительно важное значение как для нашей страны, так и для других промышленно развитых стран имеют достигнутый уровень обоснования безопасности по критериям риска вновь созданных потенциально опасных объектов и продление безопасной эксплуатации действующих объектов по критериям прочности и остаточного ресурса с учетом выработки назначенного ресурса на 50–70% и более. Сказанное выше потребовало постановки на национальном и международном уровнях новых фундаментальных и прикладных научных задач:

- математической теории катастроф и вероятностной теории рисков;
- физики, химии и механики аварийных ситуаций и катастроф;



3



УЩЕРБЫ И ПЕРИОДИЧНОСТЬ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ 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 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.

По уровню потенциальной опасности, по требованиям законодательства и с учетом риска возникновения аварий и катастроф объекты техносферы могут быть разделены на четыре основные группы, для которых предусмотрены соответствующие требования к безопасности (рис. 4):

- 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 обеспечиваться 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 влияет на состояние национальной безопасности страны, – их число измеряется сотнями.

Необходимость введения четвертой категории объектов (СВО) обусловлена анализом самых тяжелых катастроф в нашей стране и за рубежом. Сюда входят катастрофы на атомных электростанциях (Чернобыльская АЭС, СССР; ТМА АЭС, США), на атомных подводных лод-

ках (АПЛ «Комсомолец», «Курск», СССР, Россия; «Трешер», США), на железнодорожном транспорте (под Уфой, Арзамасом, Свердловском), на объектах сжиженного природного газа, на уникальных строительных объектах. Для нашей страны характерным примером такой тяжелой катастрофы стала крупнейшая авария на Саяно-Шушенской ГЭС 17 августа 2009 года.

Система государственного регулирования и надзора за безопасностью на большом числе СВО, КВО, ОПО и ОТР охватывает широкий спектр технологий, сценариев катастроф, видов повреждений, условий нагружения, методов диагностики и контроля.

Самыми проработанными оказались вопросы декларирования и экспертизы промышленной безопасности ОПО. В настоящее время в наибольшей степени проявляется актуальность анализа рисков тяжелых катастроф (5–7-го классов по рисунку 3) для СВО. Возможности расчетных оценок рисков при этом пока крайне низки (менее 0,01%).

МЕТОДОЛОГИЯ АНАЛИЗА ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

При анализе безопасности сложных технических систем сформулированы основные виды штатных и аварийных ситуаций – проектные, запроектные и гипотетические (табл. 1). В их основе лежат такие параметры, как локальные напряжения и деформации, число циклов, температура и время эксплуатации, радиационные потоки, коррозия.

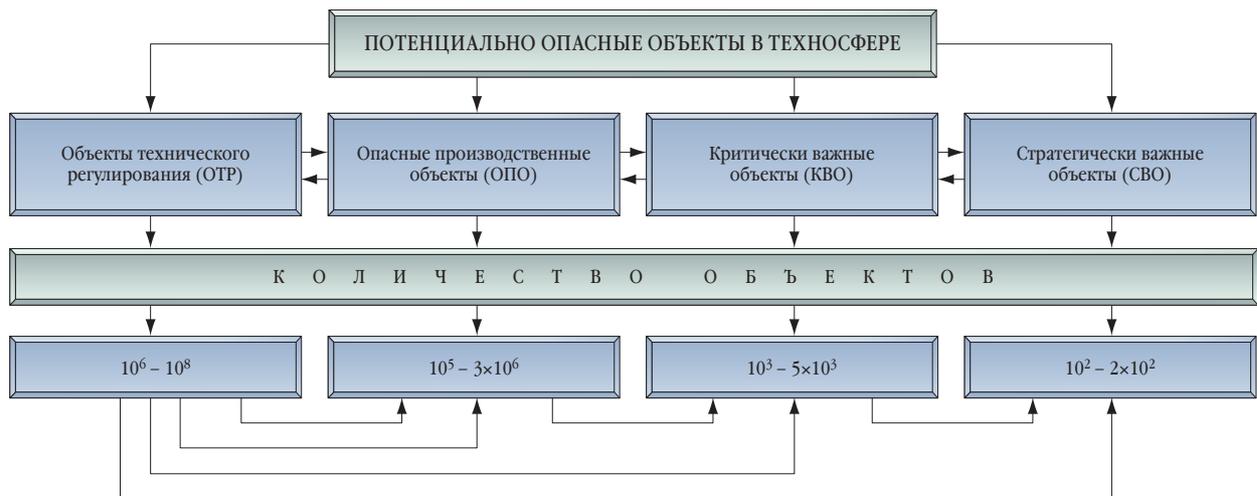
Для ОТР и ОПО должны анализироваться ситуации 1–3 по таблице 1, для КВО – соответственно ситуации 1–4, для СВО – ситуации 1–5.

При переходе от штатных к запроектным и гипотетическим авариям анализ безопасности и рисков существенно усложняется.

В общем случае для ОТР, ОПО, КВО и СВО характерны три сценария (разновидности) кинетики рисков во времени: 1 – сценарии монотонного возрастания рисков до критических значений; 2 – сценарии с обострением,



4



СТРУКТУРНАЯ СХЕМА АНАЛИЗА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Таблица 1

ТИПЫ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ И СТЕПЕНЬ ЗАЩИЩЕННОСТИ

№	Аварийные ситуации	Защищенность
1	Нормальные условия эксплуатации	Повышенная
2	Отклонения от нормальных условий	Достаточная
3	Проектные аварии	Частичная
4	Запроектные аварии	Недостаточная
5	Гипотетические аварии	Низкая

характеризуемые резкими переходами к катастрофическим явлениям (событиям); 3 – сценарии с бифуркационными переходами и возникновением точек неустойчивости и со сложными траекториями изменения рисков. Сценарии 1 относятся к большому (основному) числу ОТР, сценарии 2 – к сложным потенциально опасным производственным объектам, сценарии 3 – к наиболее опасным – критически и стратегически важным объектам.

Для всех объектов техносферы (ОТР, ОПО, КВО, СВО) в анализ безопасности и рисков должны вводиться все стадии их жизненного цикла: проектирование, изготовление, испытания, эксплуатация, продление эксплуатации и вывод из эксплуатации.

Одна из основных задач снижения рисков возникновения аварийных и катастрофических ситуаций при эксплуатации технических систем сводится к введению в практику многопараметрической диагностики состояния, мониторинга рисков и срабатывания систем аварийной защиты ОТР, ОПО, КВО и СВО.

Основными объектами внедрения таких диагностических систем становятся операторы, персонал и высокорисковые технические системы. В этих

условиях задачей научных исследований и разработок становится ранняя оперативная диагностика системы «человек – машина – среда» на начальных стадиях опасных воздействий с применением новых диагностических методов и систем в режиме реального времени с высокой разрешающей способностью. Методов, базирующихся на специальных математических методах обработки регистрируемых параметров физиологического состояния оператора (например, кардиограмм работы сердца), параметров динамических процессов в технической системе (например, виброграмм работы ракетного двигателя, гидротурбин, атомного реактора) и внешних воздействий (сейсмических, ветровых, температурных). Они должны обеспечить автоматизированное включение систем функциональной защиты технических объектов и предупреждения операторов при развитии опасных повреждающих и поражающих факторов. К настоящему времени в России проведены разработки указанных методов диагностики, мониторинга и защиты для атомной энергетики, ракетно-космических и авиационных систем и операторов.



**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ
СТРАТЕГИЧЕСКИ ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ
ОТ ТЯЖЕЛЫХ КАТАСТРОФ**

Углубленный анализ крупнейших техногенных и природно-техногенных катастроф самых последних лет, и особенно разрушения на Саяно-Шушенской ГЭС, показывает недостаточность применяемых научных, инженерных, технологических, нормативных, надзорных и правовых решений в области безопасности и защищенности СВО.

В число решенных и решаемых проблем включена и исторически сложившаяся последовательность формирования фундаментальных научных основ, разработки инженерных методов расчетов и испытаний, создания норм и правил проектирования и изготовления объектов техносферы (ОТР, ОПО), обеспечения их функционирования в заданных пределах проектных режимов и параметров («прочность – жесткость – устойчивость»). В начале XXI века к существующим проектным параметрам функционирования стратегически важных объектов техносферы (на всех стадиях их жизненного цикла) добавились новые параметры – в виде базовых, поэтапно повышающихся требований к штатному (нормальному) функционированию этих объектов. Тем самым усложнился весь анализ цепочки «прочность – жесткость – устойчивость – ресурс – надежность – живучесть – безопасность – риск – защищенность».

Учитывая существенное различие величин рисков, вероятностей и ущербов для различных ОТР, ОПО, КВО, СВО, различный уровень прорабатываемости теоретических и прикладных вопросов безопасности, в настоящее время можно ориентироваться на следующую иерархию научных методов анализа рисков: детерминированные, статистические, вероятностные, логико-вероятностные, методы нечетных множеств, комбинированные методы и имитационные модели; в целом ряде случаев используются комбинированные методы.

Таким образом, введение в действие федеральных законов о техническом регулировании ОТР, промышленной безопасности ОПО, безопасности атомной энергетики, гидротехнических сооружений, транспорта и решений о защищенности КВО и СВО предусматривает повышение роли фундаментальных и прикладных исследований прочности, ресурса, живучести для обеспечения комплексной безопасности и защищенности по критериям рисков. В свою очередь, повышение роли исследований найдет свое отражение как в технических регламентах, так и в федеральных законах, национальных стандартах и стандартах организаций.

Уровни формирующихся и приемлемых рисков, в свою очередь, будут определять достижимый уровень безопасности и защищенности при строго рассчитываемых и нормируемых необходимых затратах на их обеспечение. Такой подход можно распространить на объектовый, отраслевой, региональный и федеральный уровни безопасности техносферы, включающий ОТР, ОПО, КВО и СВО. В его разработке и реализации при координации со стороны Совета Безопасности Российской Федерации должны быть задействованы ведущие академические институты, отраслевые НИИ и КБ, промышленные предприятия, руководство отраслей, субъектов Федерации и государства.