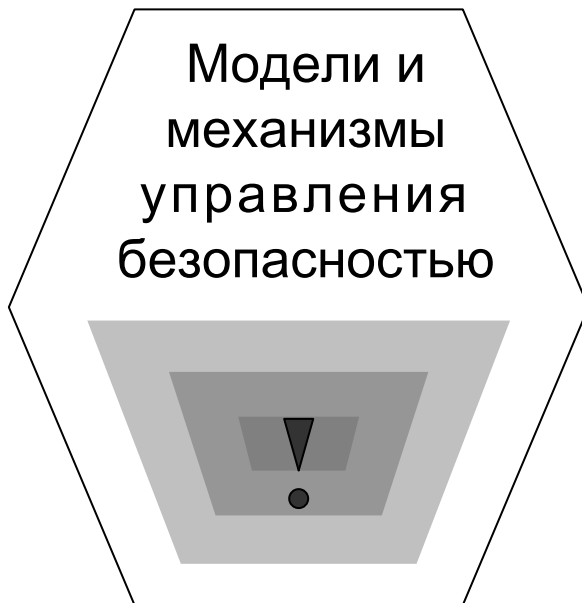


Бурков В.Н., Грацианский Е.В.,
Дзюбко С.И., Щепкин А.В.



Москва
2001

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
1. МЕХАНИЗМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....	7
1.1. КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ УРОВНЕМ БЕЗОПАСНОСТИ.....	7
1.2. ОСНОВНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕАЛИЗАЦИИ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПОЛИТИКИ В ОБЛАСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ	9
2. МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОГРАММ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПРИЕМЛЕМЫЙ УРОВЕНЬ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ СТОИМОСТИ И РИСКА	45
2.1. ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ, ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ПРЕДЛАГАЕМОГО ПОДХОДА.....	45
2.2. ПОСТРОЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ РИСКА	50
2.3. РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ СНИЖЕНИЯ РИСКА	65
3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ	70
3.1. ОПИСАНИЕ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ	70
3.2. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ СНИЖЕНИЯ РИСКА.....	80
3.3. ЛИНЕЙНЫЙ МЕХАНИЗМ ПЛАТЫ ЗА РИСК	81
3.4. ЛИНЕЙНЫЙ МЕХАНИЗМ СТИМУЛИРОВАНИЯ	84
3.5. МЕХАНИЗМ КОМПЕНСАЦИИ ЗАТРАТ НА СНИЖЕНИЕ РИСКА	86
3.6. КОНКУРСНЫЕ МЕХАНИЗМЫ.....	88
4. ПРИМЕНЕНИЕ ИГРОВОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ.....	93
4.1. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ – МЕТОД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	93
4.2. ИМИТАЦИОННАЯ ИГРА ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИНЕЙНОГО МЕХАНИЗМА ПЛАТЫ ЗА РИСК.....	98

4.3. ИМИТАЦИОННАЯ ИГРА ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛИНЕЙНОГО МЕХАНИЗМА СТИМУЛИРОВАНИЯ	108
4.4. ИМИТАЦИОННАЯ ИГРА ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЗМА КОМПЕНСАЦИИ ЗАТРАТ	113
4.5. ИМИТАЦИОННЫЕ ИГРЫ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЗМОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ ФИНАНСОВЫХ СРЕДСТВ.....	117
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	134
ЛИТЕРАТУРА	135

ВВЕДЕНИЕ

Вторгаясь в природу, человечество сформировало чрезвычайно сложную систему, закономерности развития которой не в достаточной степени изучены. Разрушительный потенциал крупных технологических катастроф ныне сопоставим с угрозой военно-политических катаклизмов.

Вероятность возникновения природных и техногенных катастроф существенно возрастает с появлением крупных мегаполисов, ростом объемов хозяйственной деятельности, концентрацией крупных промышленных объектов и увеличением сложности производственных и технологических циклов. В США прямые потери, связанные с катастрофами, авариями, загрязнением окружающей среды почти в пять раз превышают потери, обусловленные стихийными бедствиями [1].

В России в годы реформ к объективным причинам увеличения риска возникновения аварий при эксплуатации опасных объектов добавились причины субъективного характера. Ликвидация ряда министерств и ведомств во многих отраслях промышленности привела к практическому отсутствию централизованного управления вопросами безопасности, в том числе в части отраслевого технического нормирования безопасности. Из-за отсутствия инвестиций в промышленность, на многих предприятиях сложилось сложное финансовое положение, не позволяющее обновлять основные производственные фонды, что повлекло использование устаревшего и зачастую опасного оборудования. Кроме того, отмечена тенденция ликвидации служб безопасности (охраны труда) на предприятиях.

Создавшаяся ситуация в области обеспечения безопасности потребовала изменения подходов к вопросам управления в данной области, использования системного подхода при принятии решений в области безопасности. Основной тенденцией при совершенствовании подходов к обеспечению безопасности по сравнению с

подходами, используемыми в социалистической системе хозяйствования, является переход от чисто контрольной (надзорной) деятельности за соблюдением конкретных требований безопасности к регулирующим методам государственного надзора, основанным на обновленной нормативной правовой базе и разрешительной деятельности. Здесь следует отметить, что эффективность регулирующих методов государственного надзора во многом определяется моделями и механизмами, используемыми при управлении безопасностью.

Система управления безопасностью от природных и техногенных катастроф ориентирована, в первую очередь, на предотвращение и уменьшение вероятности возникновения ЧС, а также на сокращение масштабов последствий ЧС. Основными характеристиками последствий ЧС являются экономические потери и социальные последствия. Они проявляются в разрушении важнейших элементов национального богатства – гибели людей и ухудшении их здоровья, уничтожении накопленного вещественного богатства: жилья, производственных фондов, домашнего имущества, культурных ценностей, загрязнения окружающей среды и исключения из народнохозяйственного оборота части территории [2].

Реализация указанных методов обеспечивается путем применения соответствующих экономических и организационных механизмов. Эти механизмы должны быть направлены, с одной стороны, на поддержание определенного уровня безопасности, а с другой не должны препятствовать выпуску необходимого количества продукции и услуг. Здесь следует отметить, что допустимый уровень безопасности во многом определяется уровнем развития общества. И именно этот уровень развития ограничивает возможности применения экономических и организационных механизмов. Действительно, эффективность применения механизмов напрямую зависит от той цены, которую общество готово заплатить за свою безопасность. Чем выше цена риска возникновения чрезвычайной ситуации, тем больше величина экономического эффекта от устранения возможности аварии.

В книге дается описание системы управления безопасностью в России и основных механизмов государственного регулирования уровня безопасности. Рассматриваются базовые экономические механизмы управления безопасностью, дается оценка их эффек-

тивности на основе исследований простых моделей. Рассматриваются методы комплексного оценивания уровня безопасности (риска) и оптимизации программ обеспечения требуемого уровня безопасности с учетом факторов стоимости и риска (надежности реализации программ.

Дается описание комплекса деловых игр, применяемых для экспериментального исследования различных экономических механизмов, а также в учебных целях.

Книга содержит результаты исследований, полученных авторами в рамках Государственной научно-технической программы России «Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф».

Первая глава написана Е.В. Грацианским, вторая – В.Н. Бурковым и С.И. Дзюбко, третья – В.Н. Бурковым и А.В. Щепкиным, четвертая – А.В. Щепкиным.

В написании ряда разделов второй (разделы 2.2, 2.3) и третьей (разделы 3.3, 3.4, 3.5) глав принимал участие О.С. Кулик в написании четвертой главы принимали участие Н.И. Динова, О.С. Кулик и Д.А. Щепкин.

Авторы благодарят И.В. Гурееву за помощь в оформлении книги.

1. МЕХАНИЗМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ

1.1. Концептуальные и организационные основы управления уровнем безопасности

В России существует устойчивая тенденция роста числа и тяжести последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, масштабы которых, в ряде случаев таковы, что приводят к необратимым изменениям окружающей природной среды, сказываются на экономике и безопасности государства. Суммарный экономический ущерб становится сопоставимым со среднегодовым валовым внутренним продуктом страны. Средняя величина индивидуального риска населения на два порядка превышает уровни, допустимые в развитых странах мира [10, 17].

Учитывая возрастающие масштабы прямого ущерба от ЧС, затрат на их ликвидацию и реабилитацию пострадавшего населения и территорий можно сделать вывод, что в ближайшей перспективе по ряду показателей экономика страны будет не в состоянии восполнять потери от ЧС. В подобной ситуации устойчивое развитие страны становится нереальным без принятия эффективных предупредительных мер, уменьшающих опасность, масштабы и последствия ЧС. Поскольку многие катастрофы и стихийные бедствия предотвратить нельзя, то решение задач уменьшения ущерба от них становится важным элементом научно-технической политики страны [18].

Фактически требуется реализация оптимальной стратегии целенаправленного воздействия на социальную систему в целом и на ее отдельные составляющие. При этом наука дает новые знания о природе опасностей, указывает пути и средства необходимого технического и технологического развития. Роль экономики и права состоит в переводе жизнедеятельности на язык установлен-

ных государством норм и требований, методов и форм управления, в совокупности представляющих собой государственную политику, осуществляемую органами государственной власти по регулированию безопасности [4].

Достижение целей безопасности сопряжено со значительными материальными затратами и в условиях ограниченности ресурсов возможно лишь путем научно обоснованной разработки и осуществления комплекса взаимоувязанных правовых, экономических и политических мер.

Переход от концепции «абсолютной» безопасности к концепции «приемлемого» риска, определил появление принципиально нового подхода к управлению развития общества, состоящего в том, что удовлетворение материальных и духовных потребностей населения (качества жизни) должно осуществляться при соблюдении обязательного требования по обеспечению безопасности человека и окружающей его среды [19].

Управление риском представляет собой процесс достижения конституционно гарантированного [13] уровня безопасности при одновременном формировании требующихся для этого экономических и социальных условий. Методическим аппаратом для реализации такого управления являются методы системного анализа, синергетики и нелинейной динамики.

Государственное регулирование безопасности [8, 22, 25, 27] ориентировано по двум основным направлениям:

Снижение риска возникновения ЧС включает идентификацию источников опасности; оценку состояния сложных технических и природных систем; мониторинг и прогноз аварийных и катастрофических ситуаций; осуществление инженерных и технических мер по повышению надежности, продлению ресурса безаварийной эксплуатации оборудования; учет человеческого фактора, профессиональную подготовку специалистов и руководителей органов управления и особо опасных производств.

Ключевую роль здесь играют: Минпромнауки России, МПР России, Минэкономразвитие России, Минатом России, Госгортехнадзор, Госатомнадзор, другие заинтересованные министерства и ведомства, а также Российская академия наук, научные организации всех секторов науки – академического, отраслевого и ВУЗовского.

Смягчение возможных последствий ЧС состоит в планировании землепользования на территориях размещения источников опасности; составлении и реализации аварийных планов оперативного реагирования на ЧС и ликвидацию их последствий; повышении уровня осведомленности населения.

Специально уполномоченным органом в решении указанных вопросов является МЧС России, которое координирует и организует работу во взаимодействии с Администрациями Субъектов Федерации территориальных, местных и объектовых органов управления через использование необходимых материальных, финансовых, информационных и людских ресурсов.

1.2. Основные механизмы реализации государственной политики в области обеспечения безопасности

1.2.1. основополагающие принципы

Проблемы безопасности носят межведомственный и межрегиональный характер и требуют на государственном уровне комплексного подхода, формирования единого экономико-правового пространства, ответственности органов власти и руководителей за результативность и последствия принимаемых ими управленческих решений. Практическая деятельность по обеспечению безопасности строится на базе ряда основополагающих принципов, в том числе:

Принцип приоритета безопасности жизни и здоровья людей. Выражает конституционные права граждан Российской Федерации на защиту государством их жизни и здоровья при чрезвычайных ситуациях. Это означает, что ни одно решение нельзя считать приемлемым с экономической или иной точек зрения, если оно не гарантирует должную степень безопасности общества в целом и каждого человека в отдельности.

Принцип интегральной оценки опасностей. Управление риском включает весь совокупный спектр существующих в обществе опасностей, и вся информация о принимаемых решениях в этой области общедоступна.

Принцип оправданности практической деятельности. Никакая практическая деятельность, направленная на реализацию цели, не может быть оправдана, если выгода от нее для общества в целом не превышает вызываемого ущерба.

Принцип устойчивости экосистем. Величина антропогенного воздействия должна строго ограничиваться и не превышать величин предельно допустимых нагрузок на экосистемы.

Принцип оптимизации затрат на защиту. Состоит в необходимости создания систем управления безопасностью и риском, которые обеспечивали бы каждой личности возможность вести полноценную и деятельную жизнь в обществе в течение всей ее среднестатистической ожидаемой продолжительности.

Состав мероприятий, которыми должна обеспечиваться безопасность населения в случае возникновения ЧС, кто, как и какими средствами должен с ними бороться, в какой мере и кто несет ответственность, определяется существующей и постоянно развивающейся нормативно-законодательной базой страны, которая является важнейшим элементом системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций [21, 22, 27].

Основные направления правового регулирования охватывают всю систему правоотношений в области безопасности на этапах размещения, проектирования, строительства и эксплуатации хозяйственных объектов, а также в части организации защиты, минимизации и ликвидации аварий и катастроф. На федеральном, местном и отраслевом уровнях принято и действует значительное число нормативных актов, имеющих непосредственное отношение к данной проблеме, включая такие базовые законы, как: Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», (от 21.12.1994г. № 68-ФЗ) от и Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (от 21.07.1997г. № 116-ФЗ).

1.2.2. Наука в управлении безопасностью

Узнать существо процессов, приводящих к возникновению крупных аварий и катастроф, наметить и осуществить меры по их предупреждению и ликвидации последствий можно только при наличии научно обоснованных данных, диагностики и прогноза состояния и динамики изменения сложных технических и природ-

ных систем, тенденций экономического и социально-политического развития общества [20, 24, 26].

В решении этих задач определяющую роль играют, и будут играть фундаментальные и прикладные научные исследования по безопасности и теории катастроф, которые выполняются учеными и специалистами всех существующих в стране секторов науки – академического, отраслевого, вузовского и коммерческого [9].

Выводы и рекомендации ученых представляют лицам, принимающим решения, возможность адекватно реагировать на различные источники и уровни опасностей, прогнозировать аварийные ситуации и сценарии их развития, создавать эффективные системы управления снижением риска и ущерба от аварий и катастроф, ликвидации их последствий; предъявлять обоснованные требования к новым технологическим и проектным разработкам.

Научные сведения и методики требуются практически на всех стадиях процесса государственного и регионального регулирования безопасности природно-техногенной сферы, аккумулирования информации, анализа ситуации, выработки и сопоставления альтернатив, оценки возможных последствий их реализации, поиске причин неудач и т. п. [11, 23, 25].

Игнорирование научных подходов при осуществлении хозяйственной деятельности грозит потерей управляемости. Без поддержки и использования результатов научной и инновационной деятельности не возможно решать сложные и комплексные проблемы предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на федеральном и региональном уровнях.

В настоящее время практически полностью определился круг теоретических и прикладных научных направлений, объединяемых в одной проблемной области под общим названием техногенная безопасность.

Объектами исследований современной теории безопасности является установление фундаментальных закономерностей перехода и взаимодействия естественных природных систем, объектов техногенной и биологической сферы, социально-экономических структур от нормальных (штатных) к аварийным и катастрофическим состояниям; создание научных основ диагностирования, мониторинга, раннего предупреждения и предотвращения аварий и катастроф, построение систем защиты и реабилитации.

На результатах таких исследований формируются количественные и качественные параметры принимаемых управленческих решений, конструкторско-технологических и эксплуатационных нормативно-технических документов, заключений комиссий по анализу аварий и катастроф. Наиболее обобщающими считаются такие критерии как: риски для жизни и жизнедеятельности; качество и продолжительность жизни.

В условиях, когда нет возможности закрыть или переоснастить даже особо опасные производства, наука призвана разрабатывать надежные методы диагностики, продления ресурса безаварийной эксплуатации действующих производств, определить перспективы создания будущих технических систем, найти решения защиты человека, территорий и объектов от чрезвычайных ситуаций и ликвидации их возможных последствий.

Таким образом, важнейшая задача фундаментальной науки состоит в определении основных принципов безопасности сложных технических систем, построении классификации аварий и катастроф, предупреждения и смягчения их последствий с учетом реально существующих процессов общественного социально-экономического развития.

Научно-техническая политика в области безопасности предусматривает также постановку системных исследований по важнейшим проблемам механики, физики и химии аварий и катастроф для сложных технических систем. Такие исследования особенно эффективны, если выполняются на комплексных трехмерных математических моделях с постановкой натуральных и полунатурных экспериментов.

Не менее сложной областью исследований является решение задач по проблеме уменьшения опасности стихийных бедствий.

Проводимые в районах вероятных природных катастроф экспериментальные работы чрезвычайно важны для установления фундаментальных закономерностей взаимосвязи предшествующих природной катастрофе процессов с вариациями электромагнитного поля и с измерением пространственной структуры ионосферы.

По результатам исследований составляются необходимые для принятия управленческих решений прогнозные и оценочные карты, а также карты и атласы природных опасностей для территорий

крупнейших регионов страны и зон наибольшей концентрации потенциально опасных объектов.

Прикладные исследования проводятся на базе результатов фундаментальных разработок. Они отличаются отраслевой специализацией и ориентируются, прежде всего, на промышленные предприятия химического, металлургического, машиностроительного, энергетического, транспортного (включая трубопроводные системы), горнорудного и строительного комплексов.

Развитие теории и практики управления безопасностью сложных технических систем до последнего времени шло, в основном, по пути предъявления экстраординарных требований к качеству оборудования, систем управления и персоналу, ограничивающих возможные негативные техногенные воздействия на окружающую среду и человека.

Перспектива представляется, как движение внутрь сложной технической системы, к проектированию их по критериям безопасности. При этом учитывается, что в такой системе в процессе эксплуатации могут возникнуть цепочки событий, которые в обычной ситуации не приводят к опасным состояниям, но при определенном стечении обстоятельств могут стать причиной чрезвычайных ситуаций.

Непосредственно к проблеме научного обеспечения безопасности в природно-техногенной сфере относится большое число высоких технологий, реализуемых с участием различных отраслей экономики, а также осуществляемых в составе национальных программ и приоритетов.

К ним относятся высокие технологии: контроля за состоянием технических и природных систем; управления природными ресурсами во взаимосвязи между происходящими климатическими процессами и биогеохимическими циклами, протекающими в атмосфере и океане; технологии защиты и восстановления окружающей среды; в области качества жизни, включая технологии в области сельского хозяйства, биоресурсов и здравоохранения.

В области энергетики в центре внимания находятся экологически чистые и безопасные энергетические технологий, в том числе связанные с безопасными типами ядерных реакторов, удалением и захоронением радиоактивных отходов, демонтажа и продления ресурса атомных электростанций.

Будет происходить экологизация технологий и их переориентация на ресурсосбережение, широкое распространение получат безотходные экологически чистые технологии, начнется формирование новой отрасли, специализирующейся на производстве средств мониторинга и защиты природной среды, предотвращение угрозы экологических катастроф.

При объединении нескольких технологических разработок в одной области образуется система критических технологий, которая имеет межотраслевой и долговременный характер реализации.

Роль государства в развитии научно – технической сферы. Стратегия реформирования российской науки предусматривает создание механизмов государственного воздействия на научно-техническую сферу, адекватного складывающимся рыночным условиям хозяйствования [3, 5, 6].

Одной из ближайших задач государства в области стратегии научно-технического развития является преобразование государственного сектора в научно-технической сфере. Этот процесс должен объединить стратегически важные подразделения научных организаций государственной формы собственности в научно – технические комплексы, лидирующие в определенной области науки и техники, способные по своему техническому оснащению и кадровому потенциалу обеспечивать разработку и реализацию в отраслях экономики новейших достижений науки и техники.

На базе таких научных организаций будут создаваться **Национальные центры науки и высоких технологий**, включающие в себя производственные структуры и высшие учебные заведения, обеспечивающие весь научно – инновационный цикл – от фундаментальных исследований, подготовки кадров, прикладных исследований и разработок до производства и поставки новой продукции.

Разрабатываются новые формы финансирования науки и стимулирования ее развития. Подготовленные законодательные предложения о том, чтобы была принята система бюджетного финансирования, при которой расходы на науку из федерального бюджета не будут менее 2% валового внутреннего продукта.

В федеральном бюджете будет определен удельный вес финансирования фундаментальной науки. Конкурсность финансирования в системе академической науки будет обеспечена через

систему грандов Российского фонда фундаментальных исследований и Российского гуманитарного научного фонда. Бюджетное финансирование прикладных научных исследований и разработок будет вестись на конкурсной основе по программам и проектам, соответствующим приоритетным направлениям развития науки и техники и перечню критических технологий федерального уровня. Причем эти проекты и программы будут иметь сквозную направленность – от исследований и разработок до производства продукции или освоения новой технологии.

В системе возвратного бюджетного кредитования науки появится новая форма проведения конкурса высокоэффективных быстрореализуемых научно-технических проектов под сниженную учетную ставку Центрального банка. Дополнительными источниками финансирования будут внебюджетные фонды, работающие на принципе возвратности и платности, частные инвестиции, средства страховых фондов, система лизинга в науке.

Наряду с системой бюджетного финансирования будут отрабатываться косвенные методы повышения научно-технической активности за счет предоставления налоговых льгот предприятиям, в первую очередь, малым и средним, реализующим научно-технические достижения.

В законодательном плане должны предусматриваться меры по разработке и принятию нормативных документов, в первую очередь наряду с законом о науке – федерального закона об инновационной деятельности и государственной инновационной политике, о защите интеллектуальной собственности и поддержке отечественных товаропроизводителей наукоемкой продукции.

1.2.3. Взаимосвязь государственной и региональной научно-технической политики в области безопасности

В решении задач научного обеспечения природно-техногенной безопасности необходимо исходить из того, что в соответствии со ст. 72 Конституции Российской Федерации [13] наука отнесена к сфере совместного ведения федеральных и региональных органов государственной власти, а вопросы региональной научно-технической политики определены в качестве одного из приоритетов единой государственной научно-технической политики.

Конституционные и законодательные положения накладывают немалую ответственность на федеральные и региональные органы

управления, руководителей и специалистов в области защиты человека, объектов и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

При этом в компетенцию центрального правительства входят создание соответствующей законодательной базы, выбор общенациональных стратегических приоритетов фундаментальных научных исследований и финансирование соответствующих научно-технических программ и проектов, организация международного научно-технического сотрудничества, формирование и развитие общенациональной информационной базы [28].

Региональные органы управления, как правило, сосредотачивают усилия на создании и развитии инфраструктуры, формировании и развитии региональных составляющих информационных баз данных и сетей, организации кооперации научных и промышленных структур для создания новых технологий, позволяющих обеспечивать эффективное осуществление научно-технической и инновационной деятельности в приоритетных для регионов направлениях, включая регулирование безопасности.

В целом на основе взаимодействия федеральных и региональных органов управления образуется достаточно плотная сеть поддержки научно-технической и инновационной деятельности, тем более что центральные органы власти в той или иной мере обычно участвуют в региональных инициативах и наоборот [29].

Главным ограничителем масштабов деятельности региональных администраций в этой сфере являются финансовые возможности территорий. Расширение только юридических полномочий без значительного укрепления финансовой базы региональных органов власти не дает им возможности проводить активную научно-техническую политику в области безопасности.

Обычно дополнительными источниками пополнения региональных бюджетов являются либо передача части налоговых поступлений от центральных ведомств региональным, либо передача средств из центрального фонда регионального развития в аналогичные региональные фонды.

Принципиальное значение при этом имеет то обстоятельство, что с точки зрения социально-экономического развития регионов научно-техническая деятельность никогда не является самоцелью. Любой регион заинтересован в подъеме своей экономики и уровня

благополучия своего населения, в предупреждении возникновения чрезвычайных ситуаций и смягчения их возможных последствий [30]. Поскольку добиться этого невозможно без эффективного научно-технического обеспечения, возникает необходимость использования существующего в регионе научно-технического потенциала или развития делового взаимодействия с соседними регионами, объединяемыми общими интересами [31].

В рамках мероприятий по региональной научно-технической политике работа по обеспечению безопасности природно-техногенной сферы целесообразно вести по следующим направлениям:

- разработка концептуальных и нормативных документов проблемам региональной научно-технической политики;
- подготовка и контроль за ходом реализации соглашений между государственными органами управления и администрациями субъектов Федерации по научно-техническому сотрудничеству;
- создание в регионах инфраструктур научной деятельности, способных эффективно работать в условиях рыночной экономики;
- подготовка специалистов в области организации и управления научно-технической и инновационной деятельностью, менеджеров наукоемкой продукции;
- сопровождение разделов НИОКР федеральных целевых программ по региональным проблемам природно-техногенной безопасности;
- экспертиза и сопровождение региональных научно-технических программ и проектов, имеющих совместное финансирование из федерального бюджета и бюджетов субъектов Российской Федерации;
- проведение работ по внедрению контрактной системы выполнения НИОКР в регионах.

С учетом комплексности проблем и высочайшей социально-экономической значимостью мероприятий, связанных с обеспечением безопасности, формирование и реализация региональной научно-технической политики должно осуществляться на основе следующих принципов:

Обеспечение устойчивости и безаварийной эксплуатации, прежде всего, высоко рискованных производств и объектов. Жесткая селективность отбора программ, проектов, инженерных решений в качестве элементов единой комплексной технологической схемы обеспечения безопасности.

Инновационная направленность научно-технической политики и связанной с ней научно-технической деятельности. Важнейшими направлениями приложения здесь усилий могут стать создание конкурентоспособной техники и оборудования, средств спасения и ведения аварийно-спасательных работ, уменьшение препятствий инновационному процессу, в том числе, путем координации и кооперации деятельности всех региональных секторов науки – академического, отраслевого и Вузовского.

Разнообразие используемых в региональной научно-технической политике подходов и механизмов, отражающих технико-экономическое, природное, социальное (в том числе демографическое) и иное своеобразие регионов.

Согласование регионально ориентированной федеральной научно-технической политики и научно-технической политики регионов. Оно должно осуществляться федеральными и региональными органами исполнительной власти в рамках соглашений в сфере совместного ведения и участия в реализации федеральных и региональных целевых программ, проведения представляющих взаимный интерес мероприятий, учета региональных аспектов при планировании деятельности научных организаций федерального подчинения и т.п.

Рациональное сочетание государственного регулирования, рыночных механизмов, прямой и косвенной поддержки научно-технической и инновационной деятельности в регионах.

Максимальная эффективность научно-технического обеспечения достигается при умелом использовании результатов многочисленных президентских, федеральных и региональных целевых, отраслевых, научно-технических программ, а также льгот, факторов стимулирования, государственных гарантий и поддержки в организации и проведении научных исследований.

Анализ проектов законов субъектов Федерации показывает, что в ряде случаев они не всегда адекватны положениям федерального законодательства в областях науки и безопасности. Требуется

заинтересованное участие, в первую очередь, региональных структур РСЧС в активизации законодательных инициатив в этих вопросах.

Перестройка системы управления государством и резкое снижение финансирования фундаментальных и прикладных научных исследований из средств федерального бюджета потребовали непосредственного участия администраций субъектов Российской Федерации в сохранении и развитии научно-технического потенциала.

Однако не смотря на принятие соответствующих решений на федеральном и региональном уровнях, руководство подавляющего большинства регионов пока не готово в полной мере принять на себя функции управления и финансирования сферы науки и научных разработок в сфере безопасности. К помощи ученых все еще принято обращаться не по поводу предотвращения аварий и катастроф, а чаще для анализа причин случившихся чрезвычайных ситуаций, разработки и реализации мер по ликвидации их последствий.

В структуре региональных органов управления, как правило, отсутствуют целевые подразделения, ведающие вопросами формирования и реализации научно-технической и инновационной политики по проблемам природно-техногенной безопасности. Для улучшения управления научными исследованиями и разработками по безопасности в регионах целесообразно создавать научно-технические советы (НТС) или научно-координационные центры (НКЦ) при администрациях субъектов Федерации. При этом задачей НТС являлось бы оказание содействия администрации в формировании региональной научно-технической политики, а деятельность НКЦ направлялась бы на формирование и сопровождение региональных научно-технических программ.

В настоящее время разработан и активно внедряется в действие в ряде регионов механизм взаимодействия федеральных и территориальных органов управления. В частности, он предусматривает проведение экспертиз, осуществление совместного долевого финансирования из средств федерального бюджета и субъектов Федерации региональных целевых, научно-технических программ и проектов. При этом поддержка оказывается не только проектам, имеющим самостоятельное значение, но и объединенным в межрегиональные

и региональные программы. По многим из них уже выполнены уникальные разработки, получены конкретные результаты.

Механизм долевого финансирования доказал свою эффективность и становится с использованием контрактной системы важной составной частью программ социально-экономического развития регионов, в том числе, в решении региональных проблем безопасности.

В федеральном бюджете определяется удельный вес финансирования фундаментальной науки. Конкурсы проектов и исполнителей работ в академической науке обеспечивается через систему грантов.

Бюджетное финансирование прикладных научных исследований и разработок осуществляется а конкурсно-контрактной основе по программам и проектам, соответствующим приоритетным направлениям развития науки и техники и перечню критических технологий федерального уровня, в число которых входит проблематика природной и техногенной безопасности.

В системе возвратного бюджетного кредитования науки отрабатывается новая форма проведения конкурсов высокоэффективных быстрореализуемых научно– технических проектов под сниженную учетную ставку Центрального банка. Дополнительными источниками финансирования являются также внебюджетные фонды, работающие на принципе возвратности и платности, частные инвестиции, средства страховых фондов, система лизинга в науке.

Наряду с системой прямого бюджетного финансирования существуют косвенные методы повышения научно – технической активности за счет предоставления налоговых льгот предприятиям и организациям, в первую очередь, малым и средним, реализующим научно – технические достижения.

На сферу безопасности в полной мере распространяется действие законодательных и нормативных документов о науке, об инновационной деятельности и государственной инновационной политике, о защите интеллектуальной собственности и поддержке отечественных товаропроизводителей наукоемкой продукции.

1.2.4. Программно-целевой метод решения проблем безопасности

Основным механизмом решения комплексных по масштабам и характеру исследуемых явлений и объектов проблем безопасности является программно-целевой метод в форме федеральных целевых программ, государственными заказчиками которых выступают федеральные или территориальные органы исполнительной власти.

Так, в России, впервые в мировой практике на национальном уровне, поставлены и решаются вопросы формирования и реализации фундаментальных научных основ государственной научно-технической политики в области природной и техногенной безопасности. Этому посвящены исследования, ведущиеся с 1991 года в рамках подпрограммы «Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф» (подпрограмма «Безопасность»), входящей в состав Федеральной целевой научно-технической программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития науки и техники гражданского назначения» [19].

Теоретические положения научно-технической политики, разработанные в подпрограмме «Безопасность», в соединении с практикой государственного и регионального хозяйствования и управления позволили сформулировать концепцию единой программы. Главное назначение ее – объединить усилия всех ветвей власти для создания необходимой экономико-правовой и управленческой базы природно-техногенной безопасности, содействовать рациональному использованию имеющихся ресурсов, обеспечить координацию исследований и разработок, ведущихся в рамках различных федеральных, отраслевых и региональных программ на средства государственного и местного бюджетов.

В результате была разработана с участием Российской академии наук, заинтересованных министерств и ведомств Федеральная целевая программа «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2005 года» и утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 мая 1997 г. № 678-р Государственный заказчик – координатор Программы – МЧС России.

Цель Программы состоит в снижении рисков и смягчении последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий в Российской Федерации для повышения уровня защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

К числу приоритетных научных разработок данной программы относятся:

- обоснование и разработка критериев и норм безопасности сложных технических систем;
- создание современных методов прогнозирования, интегральных оценок степени риска возникновения чрезвычайных ситуаций;
- составление и введение в действие комплексных правовых и экономических механизмов управления безопасностью;
- разработка прогнозных моделей оценки остаточного ресурса и потенциального ущерба;
- создание сертифицированной системы подготовки и переподготовки специалистов, руководителей и населения по проблемам безопасности;
- обеспечение индивидуальной и коллективной защиты персонала в экстремальных условиях их профессиональной деятельности.

При этом принципиально важно, чтобы региональные проблемы безопасности решались в контексте и во взаимодействии с решением подобных проблем на федеральном (отраслевом) и международном уровнях. Таким путем можно обеспечить экономию средств, сформировать в стране единое нормативно-законодательное поле управления безопасностью, обеспечить внедрение унифицированных технических средств предотвращения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, а также внедрение высоких технологий, соответствующих международным стандартам качества.

Около трети средств от общего объема финансирования из федерального бюджета, предусмотренного по программе, составляют затраты на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы. Для реализации программы будут привлекаться собственные средства особо рискованных предприятий, частный капитал,

целевые инвестиционные кредиты из отечественных и зарубежных внебюджетных источников.

1.2.5. Экономические механизмы

В решении проблем безопасности исключительно важна экономическая составляющая. И дело даже не в том, чтобы правильно посчитать или спрогнозировать ущерб от аварий и катастроф, хотя это, конечно, необходимо уметь делать. Гораздо важнее построить и ввести в действие эффективные экономические механизмы стимулирования практической деятельности по предупреждению возникновения чрезвычайных ситуаций и привлечения требующихся для этого немалых инвестиций.

В настоящее время реализуется комплекс целевых исследований, направленных на разработку процедур оценивания уровня безопасности, с учетом взаимосвязанных факторов стоимости и надежности, построение отдельных элементов и в целом государственной системы экономики катастроф.

На региональном и объектовом уровне создаются системы поддержки принятия управленческих решений, включающие в себя экономические модели, методики и программные средства обеспечения живучести и безопасной эксплуатации сложных технических систем и особо опасных производств, стабильности работы отраслей и административных систем управления в условиях природных и техногенных катастроф.

На практике это, в частности, выражается в составлении планов развития предприятий с учетом требований безопасности. При этом осуществляется соответствующая экономическая проработка не только по вопросам технического перевооружения и совершенствования технологических процессов, но и по выполнению компенсационных мероприятий в случае возникновения чрезвычайных ситуаций.

В числе наиболее распространенных по отношению к деятельности предприятий в области безопасности следует назвать такие экономические механизмы как:

- плата за риск, квотирование риска;
- перераспределение риска;
- стимулирования снижения риска;
- комплексная оценка социально-экономического эффекта управления риском.

Экономические механизмы федерального и территориального уровней управления, используемые для решения задач защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, предусматривают планирование, нормирование и финансирование мероприятий по безопасности объектов и территорий. В частности, установление платы и размеров платежей за использование территорий под размещение объектов, потенциально опасных для здоровья и имущества проживающего населения, за возможный ущерб окружающей природной среде. Широко распространена практика предоставления предприятиям, организациям и гражданам налоговых, кредитных и иных льгот при реализации ими мер по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций, смягчению их последствий.

Большое значение имеет правильно организованный учет, ведение государственного кадастра прогнозируемых и реальных ущербов от чрезвычайных ситуаций, оценка их социально-экономических последствий. Такая работа проводится совместно и во взаимодействии федеральными и территориальными органами исполнительной власти.

Эффективной формой государственного регулирования безопасности являются договора и лицензии на использование, строительство, переоборудование потенциально опасных объектов, которые заключается между инвестором или пользователем объекта и органом исполнительной власти субъекта Российской Федерации (республики, края, области, автономной области, автономного округа, района, города). Подобного рода документы оформляются на основании заключения экспертизы МЧС России на уровень потенциальной опасности намечаемой хозяйственной или иной деятельности, а также при наличии лицензии (разрешения) на право ведения такой деятельности. Указанный договор обладает весьма широкими экономико-правовыми возможностями. Он предусматривает условия использования природных ресурсов, права и обязанности инвестора или пользователя потенциально опасного объекта, размеры платежей за обусловленный уровень риска, ответственность сторон, порядок возмещения ущерба и разрешения возможных споров.

Лицензия (разрешение) на право ведения данного рода деятельности, выдается собственнику особо опасного объекта специ-

ально уполномоченными на это государственными органами Российской Федерации. В лицензии указываются виды, объемы и допустимые лимиты хозяйственной деятельности, а также требования по обеспечению безаварийности потенциально опасных производств и социально-экономические последствия их несоблюдения.

Лимиты являются системой социально-экономических ограничений потенциально опасной деятельности и представляют собой установленные на определенный срок предприятиям предельно допустимые объемы (стоимостные оценки) возможного социально-экономического ущерба от чрезвычайной ситуации на данной территории. Лимиты формируются, исходя из необходимости поэтапного достижения предельного объема ущерба, с учетом экологической обстановки в регионе и степени его экономического развития.

Плата за возможные социально-экономические последствия чрезвычайных ситуаций включает в себя стоимость возможного ущерба экономике, окружающей природной среде, системам жизнеобеспечения населения, здоровью людей, а также размеры выплат за право вести потенциально опасную, сверхлимитную и нерациональную опасную деятельность. Порядок исчисления и применения нормативов платы за возможный социально-экономический ущерб от деятельности потенциально опасных объектов определяется Правительством Российской Федерации. Сам факт внесения платы не освобождает потенциально опасные предприятия от необходимости выполнения мероприятий по снижению риска и смягчения последствий аварий и катастроф.

Заметную роль в решении задач регулирования безопасности играет существующая в стране **система государственных чрезвычайных страховых фондов**, объединяющая **федеральный чрезвычайный страховой фонд, страховые фонды субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления.**

Такие фонды аккумулируют средства предприятий и организаций, отечественных и зарубежных юридических и физических лиц, в том числе:

- платы в связи с последствиями чрезвычайных ситуаций;
- суммы по искам о возмещении ущерба и штрафов за правонарушения;

- средства от реализации произведенной на потенциально опасных объектах и конфискованной продукции;
- ассигнования, полученные в виде дивидендов, процентов по вкладам, банковским депозитам, от долевого использования собственных средств фонда в деятельности предприятий и других юридических лиц;
- инвалютные поступления.

Ресурсы государственных чрезвычайных страховых фондов расходуются на:

- разработку и реализацию мер по снижению опасности стихийных бедствий и ущерба окружающей природной среде;
- компенсации материальных потерь в экономике;
- выплаты по социальным гарантиям пострадавшим гражданам в связи с потерей имущества и нарушениям здоровью;
- на научные исследования, образование и иные цели, связанные решением проблем безопасности.

По решению органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации нередко **создаются внебюджетные негосударственные фонды** за счет:

- средств населения;
- добровольных взносов;
- пожертвований общественных организаций и других источников.

Законодательством Российской Федерации и субъектов Российской Федерации предусматриваются различные виды экономического стимулирования деятельности по снижению риска возникновения чрезвычайных ситуаций и смягчения их возможных последствий.

К числу наиболее популярных льгот, предоставляемых государством, относятся:

- освобождение от налогообложения чрезвычайных страховых фондов и внебюджетных негосударственных фондов;
- передача на договорных условиях части средств чрезвычайных страховых фондов под процентные займы предприятиям, учреждениям, организациям и гражданам для реализации мер по гарантированному снижению социально-экономических последствий чрезвычайных ситуаций;

- установление повышенных норм амортизации основных производственных фондов предприятий, организаций, учреждений чрезвычайных страховых фондов;
- применения поощрительных цен и надбавок на продукцию, производимую на предприятиях, снижающих риск чрезвычайных ситуаций и смягчающих последствия аварий и катастроф;
- введение специального налогообложения продукции, производимой на потенциально опасных объектах с применением опасные технологии;
- применение льготного кредитования организаций, предприятий и учреждений независимо от форм собственности, эффективно осуществляющих деятельность по снижению опасности производства.

В стране осуществляется добровольное и обязательное государственное страхование предприятий, учреждений и организаций, объектов их собственности и доходов, а также граждан, на случай возникновения чрезвычайных ситуаций природного или техногенного характера. Средства, образующиеся в результате страховой деятельности, используются на осуществление превентивных мероприятий и компенсацию ущерба. Порядок страхования и перестрахования рисков и использования средств устанавливается Правительством Российской Федерации [7].

Финансирование программ и мероприятий по снижению опасности и компенсации возможного ущерба производится за счет федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, а также из средств предприятий и организаций, резервов финансовых ресурсов, внебюджетных фондов, кредитов банков, добровольных взносов населения, инвестиций.

Разработка и применение указанных и других видов экономических механизмов в сочетании с возможностями, вытекающими из требований нормативно-правовой системы, позволяют ученым составлять и предлагать к реализации научно обоснованные комплексные программы обеспечения безопасного социально-экономического развития объектов и территорий.

Поэтому результаты научных исследований и системного анализа опасностей в природно-техногенной сфере (занимающей ключевое место в социально-экономической и политической жизни

страны) оказывают, и будут оказывать определяющее влияние на концептуальные подходы государства к проблемам безопасности.

Разработка и использование вероятностных моделей развития общества и основных производственных процессов с учетом риска возникновения природных и техногенных аварий и катастроф становится одним из главных условий обеспечения гарантированного уровня безопасности жизнедеятельности и приемлемого риска аварий и катастроф. При этом учитываются не только радикальные и быстрые изменения, которые и принято считать «виновниками» возникновения аварий и катастроф, но и медленно нарастающие факторы, угрожающие в результате качественного скачка перейти в неуправляемую стадию с катастрофически негативными последствиями для человека и природы.

Существуют три основные области научного обеспечения безопасности в природно-техногенной сфере:

теоретическая – для получения новых знаний, понимания природы явлений, выработки рекомендаций по предупреждению аварийных ситуаций;

прикладная – для оценки степени устойчивости и продления ресурса безопасной эксплуатации стареющих технических объектов, для проектирования и создания новых (по критериям безопасности) природных систем, а также для получения своевременной упреждающей информации для принятия мер по снижению ущерба от стихийных бедствий;

управленческая – для разработки и внедрения элементов нормативно-законодательного и экономического регулирования и управления на федеральном, региональном, отраслевом и международном уровнях.

1.2.6. Теория безопасности

Теория безопасности является современным, междисциплинарным направлением фундаментальной науки и изучает состояние защищенности жизненно важных интересов человека, общества и государства от ЧС природного и техногенного характера.

В число основных объектов исследований входят:

- установление фундаментальных закономерностей перехода естественных природных систем, объектов техногенной и биологической сферы, социально-экономических структур от

нормальных (штатных) к аварийным и катастрофическим состояниям;

- качественное и количественное описание сложных нелинейных механизмов взаимодействия указанных систем, объектов и структур на различных стадиях возникновения и развития аварийных и катастрофических состояний и их последствий во временной и пространственной кинетической постановке;
- создание научных основ диагностирования, мониторинга, раннего предупреждения и предотвращения аварий и катастроф, построение систем защиты и реабилитации.

В рамках теории безопасности используются законы, методы, критерии и принципы естественных, технических и общественных наук.

Методологические основы теории безопасности базируются на достижениях:

- математики (методы математического системного анализа, математическая статистика и теория вероятностей, математическое моделирование, теория бифуркаций, теория решения некорректных задач прикладной математики, теория риска);
- физики (общая и прикладная физика элементарных частиц и твердого тела, радиоэлектроника, спектроскопия, физика атмосферы, физика земли, ядерная физика и ядерная энергетика, теория лазеров);
- механики (механика жидкостей и газов, механика твердого деформируемого тела);
- машиноведения (анализ и синтез технических систем, кинематика и динамика машин и механизмов, надежность, прочность и ресурс систем);
- информатики и управления (кибернетика, теория управления, теория интегральных систем, теория автоматических систем и роботов, теория принятия решений);
- химии (теория химических и физико-химических реакций, химия процессов и материалов, органическая и неорганическая химия, биохимия);
- биологии и физиологии (генетика, экология, нейрофизиология, эволюционная морфология);
- геологии (комплексные методы геологии, геофизики и геохимии, океанологии);

- обществоведения (основы государства и права, философии, социологии, экономики).

В теории безопасности человека, общества и государства складываются необходимый понятийно-терминологический аппарат, включающий такие базовые понятия как безопасность, угроза, защита, вероятность, риск, авария, катастрофа, чрезвычайная ситуация, жизнедеятельность, среда обитания, природная среда, поражающий фактор, опасное воздействие, реакция системы [15].

В теории безопасности принята определенная система классификации аварий и катастроф:

- по причинам и источникам возникновения (природные, техногенные, социально-экономические, экологические, военные);
- по масштабам их последствий (глобальные, национальные, региональные, местные и объектовые);
- степени их определенности и предсказуемости (проектные, запроектные, гипотетические).

Принципиальное значение в теории безопасности придается установлению критериев и шкал измерений, позволяющих количественно оценивать и измерять опасности, угрозы, степень защищенности и повреждаемости. На этой основе формируются количественные и качественные параметры принимаемых управленческих решений, конструкторско-технологических и эксплуатационных нормативно-технических документов, заключений комиссий по анализу аварий и катастроф. Такие параметры используются при формировании целей безопасности и оценки эффективности мероприятий для достижений этих целей.

Фундаментальные исследования в области безопасности человека, общества и государства позволяют:

- научно обосновать принципы, методы и системы защиты от аварий и катастроф;
- сформировать российскую систему сил и действий при возникновении чрезвычайных ситуаций (РСЧС), если аварии и катастрофы не удалось предотвратить, и угрозы из потенциальных перешли в реальные и реализованные.

Для количественного анализа и установления шкал измерения состояния безопасности человека, общества и государства в рамках развитой к настоящему времени теории безопасности в качестве базовых критериев безопасности можно принять следующие:

- риски для жизни и жизнедеятельности;
- качество и продолжительность жизни.

Критерии рисков имеют выраженный вероятностный характер и определяются вероятностью (или частотой) реализации угроз для человека, общества и государства и величиной ущерба при этой реализации. В ряде случаев под критериями рисков понимают только вероятности или частоты неблагоприятных, опасных или катастрофических явлений.

Общий анализ рисков от аварий и катастроф для государства проводится на базе изучения рисков для каждой из катастроф и их числа на заданном отрезке времени. Такой анализ позволяет определять пути решения проблем безопасности и управления рисками на государственном, региональном и объектовом уровне.

В теории безопасности при применении критериев риска целью управления является общая минимизация ущербов и вероятностей аварий и катастроф.

Таким образом, фундаментальные научные основы регулирования безопасности, защиты человека, общества и государства от аварий и катастроф состоят в выборе приоритетных критериев безопасности и разработке комплексов первоочередных и перспективных мероприятий по снижению рисков и повышению качества и продолжительности жизни.

Последовательное освоение в практике системных методов проектирования сложных технических систем и универсальных принципов обеспечения безопасности позволят в основном решить задачу предупреждения возникновения крупных аварий и катастроф.

Учеными разработан ряд общерегулирующих принципов, руководствоваться которыми необходимо в интересах обеспечения безопасности технических систем.

Один из них – принцип глубокоэшелонированной защиты, направленный на компенсацию потенциальных ошибок человека или механических отказов оборудования, и реализующийся путем создания серии барьеров, которым в принципе никогда и ничто не угрожает, но которые, должны немедленно разрушиться, предотвращая тем самым возможный ущерб человеку и окружающей среде. Такие барьеры обладают способностью удержания энергии

или опасных веществ и могут служить как целям эксплуатации, так и безопасности.

При проектировании инженерных систем по критериям безопасности необходимо руководствоваться следующими научно обоснованными принципами:

независимости и разнообразия, когда системы обеспечения безопасности проектируются так, чтобы влияние дефектов, ошибок, отказов на работоспособность системы было минимальным; (при этом независимость достигается физическим, функциональным и пространственным разнесением, а разнообразие – физической, методической и аппаратной разнотипностью);

безопасности отказа, когда наиболее вероятные отказы систем обеспечения безопасности сами содействуют ложному срабатыванию системы, чем обнаруживается угроза аварии;

надежности и живучести, когда обеспечивается высокий уровень надежности функционирования важнейших элементов;

естественной технической безопасности – реализуется путем конструирования и применения автономных специальных средств защиты, максимально упрощенной и надежной конструкцией технической системы, минимизации уровня запасенной энергии и вредных веществ, а также ошибок оператора на развитие аварийных процессов.

В результате выполнения указанных работ создаются технические системы предотвращения тяжелых аварий на объектах авиации, космоса, железных дорог, гражданского строительства, особенно тех, где аварии и разрушения непосредственно связаны с опасностью для населения, ядерной энергетики, в том числе связанных с переработкой, транспортировкой и захоронением ядерного топлива и радиоактивных материалов.

В центре внимания ученых, специалистов находятся вопросы создания различных форм сейсмозащиты, головных образцов аппаратуры для диагностики состояний сложных технических систем, контроля техногенных процессов, оперативного мониторинга, способов активного тушения пожаров, в том числе – с использованием направленного взрыва, систем безопасности при утилизации и хранении средств ядерного, химического и других видов вооружения, универсальных средств защиты и спасения при чрезвычайных ситуациях и многое другое.

В частности, становится очевидным, что на данном этапе, когда нормативно-законодательная основа решения проблем безопасности в достаточной степени развита, следует сосредоточить внимание на формировании единой национальной системы управления и её элементов в данной области.

Не трудно спрогнозировать, что в ближайшем будущем на всех уровнях управления государства и регионов, и в самой технической сфере, сложится инфраструктура обеспечения природно-техногенной безопасности, и сразу же возникнет проблема кадров, необходимости организации последовательной работы по массовой подготовке и переподготовке соответствующих специалистов и руководителей. Полагаем, что на это следует своевременно обратить внимание и сосредоточить усилия.

Механизмы управления. В комплексе намечаемых для решения проблем безопасности на ближайшую перспективу предусматривается:

- разработать трехуровневую государственную структуру президентских, федеральных целевых и отраслевых научно-технических программ;
- скоординировать региональные научно-технические программы с государственными программами (в части постановок задач, методов разработок, исполнителей и источников финансирования).

В области инженерных решений по поддержанию и повышению безопасности наиболее важных объектов государственного и оборонного комплексов необходимо сосредоточить усилия:

- на разработке, согласовании и введении в действие деклараций по безопасности;
- на согласовании и принятии номенклатуры и перечня потенциально опасных объектов федерального, регионального и отраслевого подчинения;
- на разработке, применительно к потенциально опасным объектам, инженерных мероприятий по повышению безопасности;
- на создании и введении в эксплуатацию средств функциональной защиты объектов от аварий и катастроф;
- на создании встроенных и мобильных систем оперативной диагностики аварийных ситуаций.

В области защиты от природных и природно-техногенных катастроф необходимо ввести в действие:

- методы, критерии и системы оценки риска природных и природно-техногенных катастроф;
- геоинформационные системы многомасштабного анализа природных опасностей (на государственном, региональном и местном уровне);
- интегрирование системы защиты (контроль, мониторинг, оповещение, эвакуация) при прогнозируемых, не прогнозируемых стихийных бедствиях.

В области защиты от чрезвычайных ситуаций целесообразно предусмотреть:

- создание систем и средств ликвидации чрезвычайных ситуаций на первых и последующих стадиях их возникновения;
- разработку проектных решений для потенциально опасных объектов, предусматривающих встроенные в них системы предупреждения, контроля, локализации и ликвидации аварийных и катастрофических ситуаций;
- создание специальных федеральных, региональных и объектовых комплексов жизнеобеспечения при аварийных ситуациях (тепло-энергообеспечение, спасение, экстренная медицина, спец резервы продовольствия);
- создание принципиально новых систем эвакуации и доставки спасателей и грузов в зонах чрезвычайных ситуаций (амфибийные платформы, аэростатические системы, мобильные мостовые конструкции, специальные ракетные системы);
- создание новых информационных систем оповещения, анализа информации и принятия решений с учетом комбинированных воздействий от комплексов поражающих факторов.

В области подготовки специалистов [12, 16] особое значение будут иметь:

- централизованные программы обучения и переподготовки для специалистов по основным направлениям программы;
- региональные и отраслевые программы подготовки и переподготовки специалистов по проблемам безопасности в техногенной и природно-техногенной сфере;

- международные программы подготовки специалистов по проблемам защиты от аварий и катастроф с глобальными национальными и региональными последствиями.

В области фундаментальных и прикладных исследований целесообразно предусмотреть:

- развитие обобщенных и специальных математических и физических моделей возникновения и развития аварийных и катастрофических ситуаций;
- развитие и применение единых критериев оценки безопасности в детерминированной и вероятностной постановке для за проектных и гипотетических аварийных ситуаций;
- постановка физических экспериментов для получения базовой исходной информации при обосновании безопасности;
- развитие и применение единых методов и систем контроля, диагностики и защиты.

В области международного сотрудничества предстоит:

- разработать комплексные программы и проекты в обоснование безопасности с учетом трансграничных переносов;
- создать международные системы оповещения, спасения и ликвидации последствий природных и техногенных катастроф;
- создать трехуровневую (космическую, авиационную и наземную) систему контроля и наблюдения за наиболее опасными техническими системами и природными явлениями и за развитием наиболее тяжелых катастроф.

1.2.7. Межведомственная координация в интересах безопасности

Обязательным условием успешного решения проблем природной и техногенной безопасности является обеспечение межведомственной координации. Все заинтересованные министерства и ведомства, участвуя в разработке и реализации единой научно-технической политики, действуют в рамках своих функциональных обязанностей, в том числе:

Минпромнауки России организует и финансирует работы по подпрограмме «Безопасность», осуществляет через соответствующие механизмы и формы государственную поддержку приоритетным исследованиям по проблемам безопасности, построения и эксплуатации сложных технических систем, создания современной нормативно-законодательной базы, разработки принципов по-

строения национальных, региональных и местных технических систем управления безопасностью.

МЧС России создает и развивает Российскую систему предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях (РСЧС) [15, 27]. Организует как собственными силами, так и в кооперации с заинтересованными министерствами и ведомствами, научно-технические и опытно-промышленные разработки системы оповещения, защиты населения и реабилитации, разработки средств спасения и ведения аварийно-спасательных работ, выступает в качестве государственного заказчика НИОКР, направленных на достижение перечисленных выше целей.

Минобороны России разрабатывает концепцию и реализует программы по техногенной безопасности на объектах оборонного комплекса.

Российская Академия наук ведет фундаментальные и прикладные исследования по теории безопасности и риска, физике, химии и механике катастроф, теории жесткой и функциональной защиты и другим направлениям в области решения проблем технологической безопасности и стихийных бедствий.

Минпромнауки России, МЧС России, Минобороны России и РАН совместно с Минатомом России, Госатомнадзором, Госгортехнадзором и др. формируют базовые положения государственной научно-технической политики в области безопасности и предложения по ее реализации.

Соглашение Минпромнауки (Миннауки) России и МЧС России.

Между Миннауки России и МЧС России впервые в практике отношений подписано Соглашение и выпущен совместный приказ о сотрудничестве в области научно-технического обеспечения прогнозирования, предупреждения и ликвидации последствий природных и техногенных чрезвычайных ситуаций, в котором говорится, что стороны в развитии решения совместного заседания коллегий МЧС России и Миннауки России от 25.12.95г. N 20/29, учитывая социальную и экономическую значимость прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и имея в виду актуальность данных проблем в современных условиях, договорились о следующем.

1. Стороны осуществляют взаимодействие в области прогнозирования, предупреждения, ликвидации природных и техногенных чрезвычайных ситуаций в целях повышения эффективности в выполнении совместных задач путем улучшения организации и скоординированности действий.

2. Стороны, развивая взаимовыгодное сотрудничество, руководствуются Конституцией Российской Федерации, действующим законодательством Российской Федерации, Указами Президента Российской Федерации и другими нормативными актами и настоящим Соглашением.

3. Стороны рассматривают возникающие в процессе реализации Соглашения проблемы, принимают по ним согласованные решения, вносят, в случае необходимости, Правительство Российской Федерации и другие федеральные органы исполнительной власти Российской Федерации предложения по вопросам, регламентируемым настоящим Соглашением.

4. Стороны считают целесообразным проведение совместных коллегий, взаимное участие в заседаниях коллегий, научно-технических советах и совещаниях, в консультативных и других органах Сторон по вопросам, затрагивающим их интересы.

Стороны осуществляют взаимодействие по предмету соглашения в следующих видах деятельности:

- разработка и внедрение наукоемких технологий прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера;
- анализ влияния глобального изменения климата на возникновение чрезвычайных ситуаций;
- получение научно обоснованных оценок социально-экономического ущерба последствий чрезвычайных ситуаций и влияния на социально-экономическое развитие страны;
- создание в соответствии с установленным порядком на базе Всероссийского НИИ по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (ВНИИ ГОЧС) Федерального центра науки и высоких технологий предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, как органа реализации межведомственной кооперации научных и производственных предприятий России в интересах достижения целей настоящего соглашения;

- организационно-методическая помощь со стороны Миннауки России в осуществлении перехода МЧС России и его подведомственных организаций на внедрение конкурсного подхода и контрактной системы в управлении НИОКР;
- организация системы подготовки и переподготовки специалистов и руководителей по проблемам природно-техногенной безопасности.

1.2.8. Государственная инновационная политика

Государство в лице специально уполномоченных органов формирует принципы, приоритеты и цели своей инновационной политики.

Главной целью является увеличение вклада науки и техники в развитие экономики страны, в том числе в решение проблем природно-техногенной безопасности и связанных с этим преобразований в сфере управления, материального производства, организации науки [29, 31].

Государственная и региональная инновационная политика в решении таких принципиальных для страны проблем, как безопасность, в конечном счете, сводится к созданию необходимых условий для формирования инновационного рынка и поддержки на нем приоритетных направлений и критически важных технологий [30].

По мере развития рыночных отношений централизованная бюджетная поддержка (прямые инвестиции) в финансировании технологий (проектов) будет постепенно уменьшаться, а косвенное влияние (страхование, налоги, гарантии) – увеличиваться.

Инновации, основанные только на технических решениях и не учитывающие платежеспособный спрос сегодня, приносят большие убытки, поэтому проблема прибыльности органически связана с проблемой сроков реализации инноваций и стимулов их распространения.

Существует достаточно стойкое заблуждение о том, что в такой гуманной деятельности, как предупреждение и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций не должно быть коммерческих интересов. Практика входит в противоречие с этим утверждением. Рынок услуг в борьбе с чрезвычайными ситуациями развивается. Год от года растет конструктивная творческая состоятельность, свидетельством чему является неуклонно увеличивающееся число участников, количество и качество демонстрируемых экспо-

натов на традиционно проводимых выставках новейших научно-технических достижений по ведению аварийно-спасательных и восстановительных работ – «Средства спасения». В ходе таких выставок заключается немало взаимовыгодных контрактов и договоров о сотрудничестве, производители находят своих заказчиков.

Таким образом, формирование рынка инноваций приоритетных научных разработок в области безопасности будет осуществляться на основе объединения возможностей бюджета и крупных коммерческих структур – инвестиционных фондов и компаний, коммерческих банков, страховых и пенсионных фондов, сети посреднических, венчурных и лизинговых фирм, усиления инвестиционной конкуренции в системе тендеров, конкурсов, грантов и технологических бирж.

В области природно-техногенной безопасности предстоит разработка и совершенствование нормативно-правового обеспечения, механизмов стимулирования, защиты интеллектуальной собственности, развитие инфраструктуры, системы привлечения государственных, частных и зарубежных инвестиций инновационной деятельности.

В качестве финансово-кредитных форм государственной поддержки приоритетных направлений и критически важных технологий по безопасности перспективны для использования:

- освобождение от Н.Д.С., налога на прибыль и других налогов всех работ, которые финансируются в рамках критически важных технологий;
- кредитный механизм процентной ставки, предусмотренный для особо опасных производств, зон экологического бедствия, территорий, поврежденных в результате аварий (типа Чернобыльской);
- механизм ускоренной амортизации при реализации проектов в рамках приоритетных направлений;
- отнесение затрат предприятий и организаций по финансированию работ в рамках критически важных технологий на себестоимость основной продукции;
- проведение государственной регистрации приоритетных инновационных проектов и др.

Предстоит разработка и совершенствование нормативно-правового обеспечения инновационной деятельности, механизмов

ее стимулирования, системы институциональных преобразований, защиты интеллектуальной собственности в инновационной сфере; развитие инфраструктуры инновационного процесса, включая создание национального информационного фонда инновационных проектов, системы финансирования, привлечение государственных, частных и зарубежных инвестиций в инновационную сферу; создание конкурсной системы отбора инновационных проектов и программ.

К основным принципам и приоритетам государственной политики в научной и инновационной деятельности [14] относятся:

- свобода научного и научно-технического творчества;
- правовая охрана интеллектуальной собственности;
- интеграция научной, научно-технической деятельности и образования;
- поддержка конкуренции в сфере науки и техники;
- концентрация ресурсов на приоритетных направлениях научного развития;
- стимулирование деловой активности в научной, научно-технической и инновационной деятельности;
- развитие международного научного сотрудничества.

Государственная поддержка. Наиболее распространенными в стране и за рубежом формами государственной поддержки научной и инновационной деятельности являются следующие.

Формы государственной поддержки научной деятельности:

- прямое бюджетное финансирование;
- льготное налогообложение прибыли, получаемой от реализации научных разработок;
- освобождение от уплаты налога на собственность и землю, относящиеся к научным организациям;
- освобождение от импортных таможенных тарифов на ввозимое имущество научных организаций, необходимое для проведения научных разработок.

Формы государственной поддержки инновационной деятельности:

- прямое финансирование;
- предоставление индивидуальным изобретателям и малым венчурным предприятиям беспроцентных банковских ссуд;

- создание венчурных инновационных фондов, пользующихся значительными налоговыми льготами;
- снижение государственных патентных пошлин для индивидуальных изобретателей;
- отсрочка уплаты патентных пошлин по ресурсосберегающим изобретениям;
- право на ускоренную амортизацию оборудования.

Управление инновациями. Роль и значение каждой страны в мировой экономике определяются степенью овладения высокими технологиями. В связи с этим многие страны интенсивно создают специальные проекты и программы, направленные на развитие науки и техники.

В настоящее время объем мирового рынка наукоемкой продукции составляет 2,3 трлн. долл. (доля России – 0,3%). В то же время потенциальные возможности российского рынка макротехнологий в 2010 г. оцениваются в 94-98 млрд. долл., а в 2015 г. – в 144-180 млрд. долл. Согласно прогнозам объем экспорта по приоритетным технологиям за одно десятилетие позволит в 2-3 раза повысить платежеспособность населения и удовлетворить внутренний спрос на наукоемкую продукцию, что послужит стимулом дальнейшего экономического роста.

Макротехнологии создаются с использованием программно-целевого подхода, а формой их реализации являются целевые научно-технические программы. Государственная поддержка таких программ осуществляется в соответствии с принципом селективности, подразумевающим концентрацию ресурсов и усилий на развитии ключевых элементов наукоемких производств и их инфраструктуры, на разработке прорывных технологий, обеспечивающих устойчивый спрос и конкурентоспособность отечественной техники на мировом рынке.

При организации процесса управления разработкой, создании и внедрении новых технологий, планировании развития промышленности в условиях децентрализации экономики и разнообразия форм собственности необходимо руководствоваться принципом «снизу вверх», побуждая создателей наукоемкой продукции к сотрудничеству с региональными и местными органами власти, что обеспечит поддержку прогрессивных идей в рамках решаемых приоритетных задач.

Поскольку в рыночной экономике главным в формировании программы является не план, а инвестиции и их источники, возникает необходимость в составлении технико-экономического обоснования программных мероприятий, управленческих решений и необходимого ресурсного обеспечения.

Трудности на пути инноваций. На пути распространения нововведений существует большое число взаимосвязанных сложностей. Главная из них – психологическая инерция, настороженность по отношению к новому. Именно этим объясняется первоначальный неуспех многих нововведений, за которым может следовать вполне доброжелательное отношение к повторному предложению и последующее полное признание первоначальной идеи. Кроме того, принятие одного нововведения может создать более благоприятный климат для принятия других нововведений не только в одной, но и в других областях.

Важнейшими составляющими инновационного процесса являются маркетинг и мониторинг.

Маркетинг. Для современного маркетинга характерен системный подход к реализации новой идеи с четко поставленными целями, мерами по их достижению, с соответствующими материальными, финансовыми, организационно-управленческими и иными средствами для осуществления проекта.

В маркетинговой деятельности выделяются следующие элементы:

- исследование рынка и анализ перспектив его развития;
- изучение существующих и разработка требований к будущим изделиям и проектам, предложений по модернизации снятых с производства изделий, не дающих прибыли;
- выбор путей товародвижения и реализации продукции;
- обеспечение ценовой политики;
- формирование спроса и стимулирование сбыта продукции.

Одна из особенностей системы управления инновационной деятельностью состоит в том, что методы управления, как на разных этапах инновационного процесса, так и в пределах одного этапа, существенно различаются между собой. Так, в научных исследованиях, выполняемых малым числом специалистов, целесообразно использовать неформальные методы управления, предполагающие коллективное участие в нем в начальном периоде

разработки. Однако применение таких методов управления на более поздних этапах может привести к замедлению работ и неоправданному росту затрат. Таким образом, система управления должна меняться по мере продвижения по стадиям инновационного цикла.

Вопросы, связанные с реализацией инновационной идеи (возможности ее реализации, необходимые ресурсы, этапы и сроки выполнения и т.д.) общепринято оформлять в форме бизнес-плана инновационного проекта. Такой план служит базой для последующего управления инновационным процессом.

Мониторинг. Важную роль в этом деле играет мониторинг инновационной деятельности. Уровень и эффективность управления во многом зависят от выбранных целей, задач и состава анализируемых показателей мониторинга. Так, на федеральном и региональном уровнях, при реализации инновационной политики, мониторинг призван обеспечивать обратную связь, определяющую степень соответствия этой политики с результатами инновационной деятельности.

Результаты мониторинга используются для подготовки решений по управлению инновациями, созданию инновационного продукта, в качестве которого может выступать не только готовое изделие, но и проект (техническая документация), результаты НИОКР, патенты, лицензии и т.д.).

Инновационный менеджмент является ключевым звеном возрождения национальной экономики в рыночных условиях, перспективным средством разработки, создания и продвижения на внутренний и зарубежный рынки конкурентоспособной, ресурсосберегающей, экологически чистой, соответствующей мировым стандартам качества отечественной продукции и услуг.

Инновационный менеджмент как единая система в каждом из своих компонентов (включая формирование и реализацию основ государственной политики, экспертизу, процедуры разработки, оценку эффективности инновационных проектов, организацию научно-технической деятельности, создание благоприятных условий для привлечения инвестиций в производственную сферу, регулирование коммерческого риска) представляет собой сложный, постоянно развивающийся процесс управления инновациями в стране.

Инновационный менеджмент, базируясь на зарубежном опыте, развивается с учетом национальных особенностей. С его помощью формируются благоприятные перспективы интеграции России в мировую экономическую систему на конструктивной деловой и партнерской основе.

Инновационный менеджмент представляет неограниченные возможности профессионального роста и приложения своих деловых возможностей для зрелых специалистов и молодежи в широчайшем диапазоне специальностей и специализаций в области управления, производства, науки, сферы услуг и международного научно-технического и коммерческого сотрудничества, освоения современных информационных технологий.

Формирование и практическая реализация основ государственной политики в области предупреждения и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций должны реализовываться через механизмы и элементы государственной политики в области инноваций.

При формировании планов и программ НИОКР по проблемам природно-техногенной безопасности с учетом ограниченности ресурсов и утверждающихся рыночных отношений необходимо предусматривать выполнение специальных инновационных проектов и процедур, касающихся развития сфер реального производства и управления.

При составлении планов научных исследований элементы инновационной деятельности должны находить отражение в деятельности органов государственного и территориального управления, в различных формах научного обеспечения, включая фундаментальные, прикладные, научно-технические, экспериментальные разработки.

2. МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ПРОГРАММ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПРИЕМЛЕМЫЙ УРОВЕНЬ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТА С УЧЕТОМ ФАКТОРОВ СТОИМОСТИ И РИСКА

2.1. Обзор существующих подходов, постановка задачи и основные этапы предлагаемого подхода

Перед тем, как приступить к описанию предлагаемых подходов и методов заметим, что задача построения оптимальных программ, обеспечивающих приемлемый уровень безопасности, не нова. Последние десять лет это направление активно развивается, что говорит о его несомненной актуальности. В дальнейшем мы будем основываться на определениях таких основных понятий, как ущерб и риск, которые были даны в работе [33]. Так в частности, будем считать, что риск - это мера для количественного измерения опасности, представляющая собой векторную величину, включающую следующие основные показатели: величину ущерба от воздействия того или иного опасного фактора, вероятность возникновения рассматриваемого опасного фактора, неопределенность в величинах как ущерба, так и вероятности. В этой же работе рассматривается понятие предельно допустимого уровня риска (ПДУ), приводятся критерии риска, принятые в различных национальных организациях. Далее следует отметить работу [35], в которой обосновывается необходимость и важность оценки эффективности мероприятий по снижению степени риска поражения людей и возможного ущерба при ЧС. Приводятся некоторые оценки эффективности проведения мероприятий η_i по снижению рисков. Например:

$$\eta_i = \frac{C_i}{M_0(N) - M_i(N)},$$

где c_i – размер затрат на проведение i -го мероприятия.

$M_0(N)$ – математическое ожидание ущерба до проведения i -того мероприятия.

$M_i(N)$ – то же, но после проведения i - того мероприятия.

Мероприятие, для которого η_i окажется наименьшим, следует считать наиболее эффективным. В свою очередь отмечается, что необходимо иметь методику для определения математического ожидания ущерба. Следует отметить еще одну работу [36] по оценке эффективности мероприятий по снижению рисков. В работе отмечается, что в ряде стран Западной Европы в результате проведения национальных программ по управлению природными и техногенными рисками число крупных аварий и катастроф в течение 10 лет сократилось в 8-10 раз. В выводах говорится, что для снижения числа крупных аварий и катастроф в 8-10 раз в России необходимо реализовать не менее двух-трех взаимосвязанных программ по снижению рисков и смягчению последствий ЧС, с интервалами времени между ними не более 3-4 лет. В [37] отмечено, что ежегодный ущерб от ЧС различного характера по разным оценкам может достигать 100-125 трлн. руб. в ценах 1996 г. или 10%-15% ВВП. Поэтому реализация программных мероприятий, основанных на методологии управления риском, которая позволит в 10-15 раз сократить затраты по сравнению с величиной предотвращенного ущерба и на 30-40% уменьшить потери населения от ЧС, становится как никогда актуальной. Следует отдельно отметить работу [38], в которой поставлены ключевые проблемы, возникающие при принятии решений в условиях ЧС, а также предлагаются некоторые универсальные подходы к их решению. (Например, сценарный подход). Приводится разделение ЧС на быстрые – от секунд до часов и медленные – от дней до десятилетий. Предлагается системный подход к решению проблем безопасности сложных объектов. Предлагается ставить на математическом языке задачи управления риском. Говорится о необходимости создания новой науки – математической теории риска и безопасности. Приводятся последние достижения в нелинейной динамике и клеточных автоматах, позволяющие моделировать ЧС и анализировать объекты с точки зрения возникновения ЧС. Предлагается создавать специальные модели поведения людей в условиях ЧС (модель толпы), а также модели отдельных видов ЧС (наводнений,

тайфунов и др.). Наконец последний известный обзор (библиография содержит 178 ссылок) [39], цель которого – описание известных подходов и методов управления мероприятиями, направленными на предотвращение и обеспечение минимальных ущербов и потерь при ликвидации причин возникновения и последствий ЧС. Всесторонне рассматривается система управления ЧС. Говорится о четырех режимах функционирования СУ ЧС: режим повседневной деятельности (стационарное функционирование); режим повышенной готовности (активная подготовка и осуществление превентивных мероприятий); чрезвычайный режим (действия в чрезвычайной ситуации); пост чрезвычайный режим (ликвидация долговременных последствий ЧС). Описываются особенности каждого режима. Ставится задача синтеза структуры СУ ЧС. Для определения возможного ущерба и риска предлагаются аддитивные функционалы с булевыми переменными стандартного вида. Следует отметить, что для такого типа постановок, которые достаточно просто формулируются, довольно трудно определить исходные данные (например, ущерб, выраженный стоимостью материальных ценностей, разрушаемых при возможном развитии событий). Для моделирования ситуаций, возникающих в результате ЧС, предлагается использовать функциональные знаковые графы и обобщенные сети Петри. Отмечается сложность информационной поддержки при принятии решений в условиях ЧС, а также предлагаются варианты организации и автоматизации в условиях ЧС.

Как уже отмечалось выше риск определяется как векторная величина, компонентами которой являются потери (ущербы) различного типа (экономические, социальные, экологические) и вероятности тех или иных величин ущербов. Поэтому задачу управления риском следует рассматривать либо как задачу векторной оптимизации, либо как обычную задачу скалярной оптимизации, определив некоторую интегральную оценку риска. В данной работе мы выбираем второй путь. Построение интегральной оценки риска также можно проводить различными способами. Действительно, поскольку риск определяется двумя группами факторов – вектором вероятностей и вектором ущербов, то можно сначала провести интеграцию (свертку) по вероятностям каждого типа ущерба (например, определить математическое ожидание по каждому типу ущерба, то есть ожидаемый ущерб), а затем построить интеграль-

ную оценку ожидаемых ущербов. Можно поступить наоборот, сначала построить интегральную оценку ущербов, а затем взять математическое ожидание этой интегральной оценки. Рассматриваемый ниже подход к задаче управления риском основан на первом варианте – в качестве интегральной оценки риска принимается интегральная оценка ожидаемых ущербов различных типов.

Замечание. Определение риска как ожидаемого ущерба в ряде случаев не приемлемо. Так в случае маловероятных и крупных аварий и катастроф (типа аварии на ЧАЭС) задачу управления риском следует рассматривать как задачу векторной оптимизации, выделяя задачу минимизации вероятности аварии и задачу минимизации ущерба в случае аварии в отдельные задачи.

Предлагаемый в настоящей работе подход является попыткой создать, хотя и приближенный, но достаточно универсальный инструментарий управления риском для любого типа объектов и ЧС. В общем случае перед нами стоит следующая задача: необходимо определить набор мероприятий $\{x_i\}$, так изменяющий параметры объекта, чтобы риск (интегральная оценка риска) был не больше заданного, а стоимость всех мероприятий была минимальной.

Сформулированная задача имеет дискретный характер и довольно сложна с вычислительной точки зрения. Как правило такого рода задачи принадлежат к NP-полным и решаются с помощью переборных процедур.

Решение поставленной задачи обеспечения безопасности объекта (предприятия, района, региона, страны) разобьем на следующие основные блоки:

1. Оценка существующего уровня безопасности (риска).
2. Определение оптимального набора мероприятий по снижению уровня риска.
3. Определение плана проведения мероприятий.

Каждый из блоков органически связан с другими, причем каждый следующий основывается на результатах предыдущих. Останемся подробно на каждом из них.

1. Оценка существующего уровня безопасности основана на понятии интегрального риска. В качестве исходных данных предполагается использовать универсальную экспертную систему оценки риска. Для настройки такой системы на реальный объект, необходимо использовать специальные группы экспертов, а также,

по возможности, включать в экспертную систему объективные статистические и аналитические данные (например, вероятности возникновения тех или иных ЧС).

Количественное определение риска состоит из двух этапов: построение дерева рисков или дерева ущербов [34] и вычисление на нем интегральной оценки риска. Построение дерева ущерба либо рисков также включает два этапа. На первом определяется набор первичных параметров, влияющих на ущерб. Этому этапу будет полностью посвящен раздел 3.2. На втором - строится структура дерева и определяются процедуры агрегирования для всех вершин дерева. Для более точного определения первичных параметров дерева рисков или ущербов желательным созданием имитационных моделей основных видов ЧС: наводнения, пожара, землетрясения, взрыва, химического заражения, радиационного заражения, урагана и др., при помощи которых можно было бы определить наиболее вероятные изменения первичных параметров дерева.

2. На втором этапе определяется **оптимальный набор мероприятий**, так изменяющий параметры объекта, чтобы интегральный риск был не больше заданного, а стоимость проведения всех мероприятий при этом была минимальна. Поставленная задача решается на основе уже построенного на первом этапе дерева риска. Для этого необходимо определить, как надо изменить первичные параметры объекта, чтобы величина интегрального риска стала допустимой. После этого любое изменение каждого первичного параметра будем связывать с конкретным мероприятием (или группой мероприятий), имеющим свою стоимость. Для определения оптимального набора таких мероприятий строится, так называемая, сеть напряженных вариантов, каждый из которых по существу является Парето-оптимальным. Затем предлагается алгоритм, выбирающий набор мероприятий минимальной стоимости.

3. При определении **плана проведения мероприятий**, как правило, учитываются такие факторы, как затраты, продолжительность и различного рода риски. Все эти факторы взаимосвязаны. Так, увеличивая затраты можно уменьшить продолжительность, риски и т.д. В связи с этим на третьем этапе целесообразно рассмотреть задачу минимизации сроков проведения мероприятий, если задано распределение денежных средств во времени.

Все три блока предлагается объединить в компьютерную систему поддержки принятия решений, включающую в себя весь набор разработанных алгоритмов, что должно позволить в динамике моделировать различные стратегии поведения ЛПР. Для внедрения такой системы потребуется её адаптация к конкретному объекту, которая будет включать несколько этапов: привлечение экспертов для корректировки процедур агрегирования дерева рисков; определение имеющегося набора возможных мероприятий, изменяющих параметры объекта; настройка имитационных моделей ЧС на объект; выбор наиболее эффективного для данного объекта подмножества механизмов управления. Кроме того, для работы системы необходимо определить приемлемый для данного объекта уровень риска, а также динамическое распределение денежных ресурсов во время проведения набора мероприятий.

2.2. Построение интегральной оценки риска

При рассмотрении социальных, экономических и экологических сторон тяжелой аварии целесообразно оперировать понятиями прямого, косвенного, полного и общего ущерба.

Под прямым ущербом в результате чрезвычайной ситуации будем понимать потери и убытки всех структур национальной экономики, попавших в зоны воздействия ЧС, и складывающиеся из невозвратных потерь основных фондов, оцененных природных ресурсов и убытков, вызванных этими потерями, а также затраты, связанные с ограничением развития и ликвидацией ЧС.

В состав затрат на ликвидацию последствий аварии включаются затраты на медицинское обслуживание, весь комплекс эвакуационных мероприятий, дезактивационные и дегазационные (при необходимости) работы, спасательные работы, строительство защитных сооружений, охрану оставленных объектов народного хозяйства и жилья, компенсационные выплаты отселяемым, строительство нового жилья эвакуированным, контроль за радиационной обстановкой и окружающей средой и т.д. в зависимости от вида и масштабности ЧС.

Объем затрат на ликвидацию последствий возможной тяжелой аварии будет зависеть от конкретных географических, метеорологических, инфраструктурных, демографических и

прочих особенностей района (или региона) в котором произошло ЧС. При определении этих затрат следует также учитывать вероятную динамику распространения различных вредных веществ или радиации и перемещения населения.

Косвенным ущербом от аварии будем называть потери, убытки и дополнительные затраты, которые понесут объекты народного хозяйства, не попавшие в зону прямого воздействия, и вызванные, в первую очередь, нарушениями и изменениями в сложившейся структуре хозяйственных связей, инфраструктуре.

К косвенному ущербу можно отнести и плохо поддающиеся стоимостной оценке отрицательные социальные эффекты, например, падение производительности труда оставшихся не отселенными работников, вызванное их угнетенным психическим состоянием.

Прямой и косвенный ущерб в совокупности образуют **полный ущерб** (рис. 2.1).

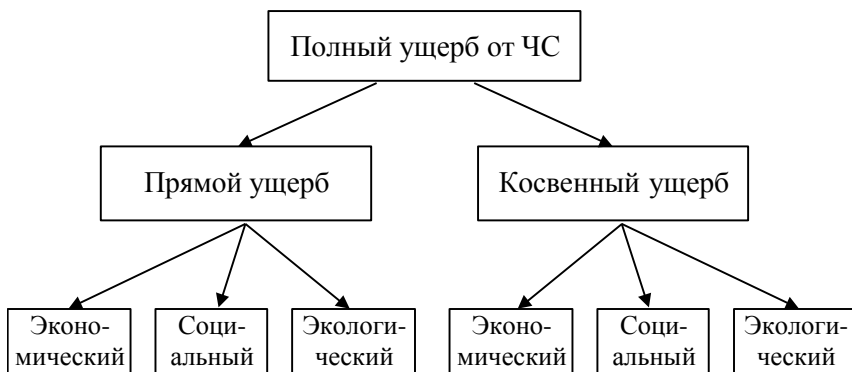


Рис. 2.1.

Показатель полного ущерба в результате тяжелой аварии может рассматриваться как конечный только на определенном временном этапе. Действительно, по прошествии четырех - пяти лет после аварии на ЧАЭС в литературе стали появляться данные, характеризующие ущерб, который определили как полный (примерно 8-10 млрд. руб.). Важно подчеркнуть, что с каждым годом указываемая сумма увеличивалась.

Таким образом, показатель полного ущерба, являясь конечным на конкретный момент времени, выступает в качестве промежуточного по сравнению с некоторым окончательным показателем, который определится количественно в отдаленной перспективе. Последний будем называть общим ущербом и понимать под ним сумму всех потерь, убытков и затрат с учетом сопоставления до аварийного развития как пораженных территорий и производств, так и всего хозяйства региона или страны в целом.

Разумеется, назвать точный срок, после которого величина ущерба не будет изменяться, или эти изменения будут относительно невелики, в настоящее время представляется практически невозможным. Этот срок, прежде всего, будет зависеть и от вида, и от масштаба ЧС. Большую роль будет играть множество факторов как формализованно учитываемых, так и тех, которые можно описать только качественно. К ним, например, относятся: интенсификация или, наоборот, замедление темпов ускорения НТП, изменение и соотношение новых форм собственности, возможные изменения структуры экономики и методов хозяйствования, различные политические аспекты и многое другое.

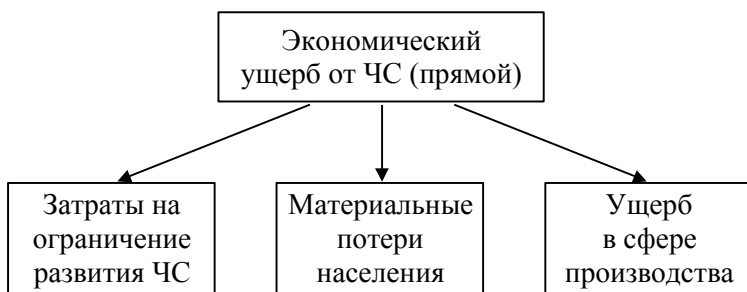
Помимо экономических и политических факторов также немаловажен учет биологических, физических, медицинских и прочих особенностей, вытекающих из природы и характера аварии.

В принципе, сокращение периода накопления величины общего ущерба возможно при интенсивных исследованиях в рамках соответствующих направлений естественных, медицинских и других наук на фоне благоприятного социально-экономического развития страны.

Все виды прямых потерь, которые несет национальная экономика и население страны в результате ЧС, можно разделить на три основные группы:

- экономические;
- социальные (гибель людей, потеря здоровья, ухудшение условий жизни);
- экологические.

Поэтому при рассмотрении структуры прямого ущерба выделяют прямой экономический, прямой экологический и прямой социальный ущерб (рис. 2.1).



Прямой экономический ущерб (рис. 2.2) связан непосредственно с повреждением или утратой основных и оборотных фондов, а также включает затраты на ограничение развития ЧС. Этот вид ущерба, как правило, стараются представить с максимально возможной точностью в денежном выражении.

Затраты на ограничение развития ЧС (или затраты на ликвидацию ЧС, но не на восстановление) включают те виды затрат, которые необходимы для ограничения распространения ЧС и уменьшения ее последствий.

Рис. 2.2. Структура прямого экономического ущерба от ЧС.

Материальные потери населения связаны с утратой личного имущества граждан, утратой жилья, личного скота, транспорта и т.д.

Прямой экономический ущерб в производственной сфере связан непосредственно с выбытием и утратой основных и оборотных фондов.

Прямой социальный ущерб от ЧС непосредственно связан с воздействием на население и его среду обитания и включает составляющие, приведенные на рис.2.3.

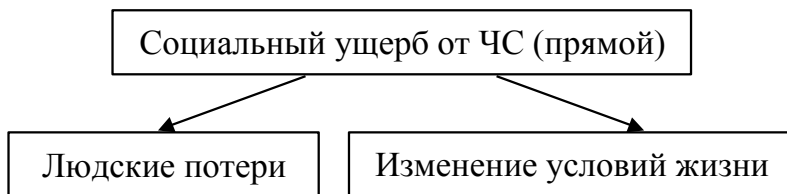


Рис. 2.3. Составляющие прямого социального ущерба от ЧС

- людские потери (гибель людей и ущерб их здоровью). Изменение условий жизни людей. Прямой экологический ущерб от ЧС связан с **ущербом природной среде**. Он включает составляющие, приведенные на рис. 2.4.
- ущерб от уничтожения или разрушения почвенного покрова, ущерб от уничтожения либо повреждения растительного и животного мира. Ущерб от загрязнения водных источников и водоемов, их исчезновение или нежелательное появление и ущерб от загрязнения атмосферы.

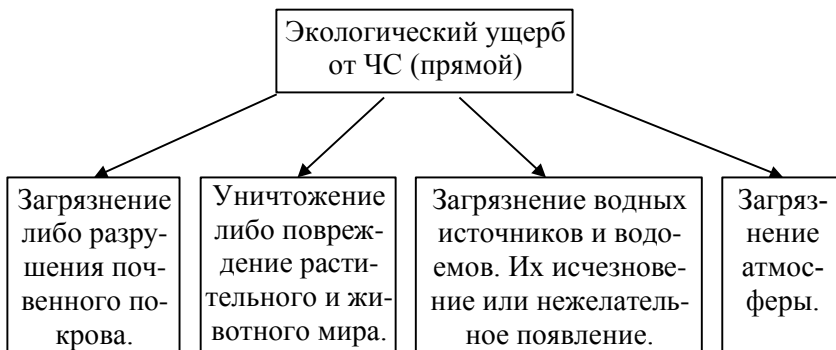


Рис. 2.4. Составляющие прямого экологического ущерба от ЧС.

Косвенный ущерб включает убытки, понесенные вне зоны прямого воздействия ЧС. Также, как и прямой ущерб, косвенный ущерб делится на экономический, экологический и социальный.

Экономический ущерб (косвенный) включает следующие составляющие:

- изменение объема и структуры выпуска продукции промышленности (по видам);
- изменение показателей эффективности в промышленности;
- освоение выпуска взаимозаменяемых видов продукции (для нужд района ЧС);
- преждевременное выбытие основных производственных фондов. Выбытие производственных мощностей (по видам продукции);
- создание дополнительных запасов продукции (по видам).
- создание дополнительных резервов производственных мощностей;
- изменение выпуска продукции сельского хозяйства (по видам);
- изменение показателей эффективности в сельском хозяйстве;
- масштабы потерь территорий под сельскохозяйственными угодьями;
- сокращение собственной сырьевой базы животноводческих хозяйств (по видам кормов). (Обеспеченность животноводческих хозяйств нормативными и страховыми запасами кормов и фуража, изменение вместимости капитальных хранилищ, под-

готовленных для хранения в условиях ЧС сельскохозяйственной продукции (по видам) в местах ее производства);

- нарушение нормального режима функционирования хозяйства. (Выбытие мощностей электроснабжения, выбытие мощностей водоснабжения, выбытие мощностей теплоснабжения, выбытие запасов топлива, изменение провозной способности транспорта (по видам и по основным транспортным направлениям);
- экономический ущерб, вызванный вынужденной перестройкой деятельности систем управления (дополнительные затраты на использование запасных пунктов управления, дополнительные затраты на применение передвижных средств связи).

Косвенный социальный ущерб от ЧС включает:

- потери трудовых ресурсов;
- затраты на перераспределение трудовых ресурсов;
- изменение условий и характера самого труда;
- предоставление социальных льгот и гарантий для обеспечения возможности сохранения жизненного уровня;
- изменение структуры потребления;
- обеспечение коммунальными услугами;
- обеспечение услугами здравоохранения.

Экологический ущерб (косвенный) от ЧС формируется за счет следующих факторов (рис. 2.5):

- нарушение климатического баланса региона;
- уменьшение поголовья зверей и птиц;
- ухудшение качественных характеристик используемых природных ресурсов.



Рис. 2.5. Факторы, формирующие косвенный экологический ущерб.

Анализ последовательности взаимосвязанных событий при ЧС показывает, что по мере продвижения по их цепочке, во-первых, ослабевает влияние исходного события, и, во-вторых, возрастают трудности оценки сопряженного (косвенного) ущерба.

Исходя из этих соображений в качестве оценки косвенного ущерба часто используется экспертная оценка в долях от прямого ущерба, без детализации и анализа отдельных составляющих.

Если же рассматривать косвенный ущерб более детально, то его, по-видимому, целесообразно анализировать применительно к отдельным группам объектов природы и народного хозяйства, косвенный ущерб от повреждения которых имеет ряд общих черт.

Таковыми группами могут быть:

- элементы производства (и сами производства) сырьевой и промежуточной продукции в промышленности, сельском хозяйстве и т.п.;
- элементы производства (и сами производства) конечной продукции;
- организации и учреждения (и их элементы), как производители услуг населению (услуг в самом широком смысле);
- объекты природы и человеческой деятельности, «непроизводственно потребляемые» людьми (воздушный и водный бассейны, зоны отдыха и туризма, памятники архитектуры и истории и т.п.).

Как уже было показано в предыдущем разделе, при повреждении объектов первой группы косвенный ущерб сводится к простому (временному выбытию) взаимосвязанных с ними производств и

увеличению издержек при попытках поддержать свое производство на прежнем уровне.

В конечном итоге косвенный ущерб сводится к потере ожидаемой прибыли в производствах, связанных с остановившимся из-за ЧС производством, к которой следует добавить потерю прибыли и на самом остановленном производстве, если оно не разрушено, а только вышли из строя его некоторые элементы.

Для второй группы (конечных производств) сопряженный (косвенный) ущерб включает :

- потерю ожидаемой прибыли на частично разрушенном производстве (которая, также как и выше при полном разрушении производства переходит в прямой ущерб, равный цене производства);
- ухудшение условий жизни людей, которым перестает поступать продукция с разрушенных или остановленных предприятий, либо она поступает по более высоким ценам.

Эта вторая составляющая косвенных потерь есть часть социальных последствий ЧС.

Другая, не менее важная составляющая социальных последствий есть косвенный ущерб от повреждения третьей и четвертой групп объектов:

- организаций и учреждений (или их элементов) оказывающих различные услуги населению (правовые, медицинские, коммунальные, культурные, бытовые и т.п.);
- объектов природы и человеческой деятельности, «непроизводственно потребляемых» людьми.

При оценке изменений условий жизни под действием ЧС, как правило, используется экспертная оценка ухудшения отдельных составляющих в некоторых безразмерных величинах (баллы и т.п.).

В отдельных случаях (например, при оценке ухудшения экологической обстановки) возможно использование натуральных показателей (концентрация ОВ и т.п.), но для сведения их к обобщенной, скалярной оценке требуется перевод натуральных величин в безразмерные (классы, категории).

Таким образом, мы описали структуру ущерба или риска в зависимости от того, в каком виде представлены исходные данные – в виде показателей ущерба либо ожидаемого ущерба (риска). Эта структура представляет собой дерево, начальная вершина которого

соответствует интегральной оценке ущерба или риска, а всякие вершины различным типам ущербов (рисков). Для получения интегральной оценки ущерба или риска необходимо задать процедуры агрегирования (свертки) в каждой не всяческой вершине дерева. Существуют различные процедуры агрегирования (линейные, аддитивные, мультипликативные, обобщенные аддитивные и др.). При агрегировании разнородных показателей (например, экономического, социального и экологического рисков) целесообразно применение так называемых матричных сверток, к рассмотрению которых мы переходим.

Предварительно необходимо привести значения показателей к дискретной шкале оценок. Каждое значение дискретной шкалы соответствует некоторой качественной характеристике риска или ущерба (для определенности далее в качестве интегрального показателя будем рассматривать риск, а в качестве исходных показателей – ожидаемые ущербы по типам потерь, которые будем называть локальными рисками). Так, если шкала имеет три значения 1, 2 и 3, то естественно принять, что 1 соответствует низкому (незначительному) риску, 2 – среднему (ощутимому), а 3 – высокому (существенному). Очевидно, что каждому такому качественному значению локального риска соответствует вполне определенный интервал количественных значений соответствующих ожидаемых ущербов.

Методика формирования интегральной оценки риска основана на методологии формирования комплексных оценок, определяющей систему формальных и экспертных процедур, предлагаемую в работе [43]. Эта методология может быть использована для широкого класса задач оценивания, и представляет собой следующее. Для оцениваемого объекта определяется набор параметров $\{a_i\}$. Для получения комплексной оценки параметры попарно сравниваются друг с другом при помощи матриц сверток, полученные характеристики в свою очередь опять попарно сравниваются между собой при помощи матриц сверток уже следующего уровня. Процедура повторяется до тех пор, пока не останется одна характеристика, которая и представляет собой комплексную оценку объекта.

Для реализации изложенной процедуры на всех уровнях необходимо определить пары характеристик, которые будут сравниваться, а также соответствующие им матрицы сверток. Кроме того

необходимо построить матрицы сверток таким образом, чтобы из определенных на самом низком уровне значений оценок можно было получить оценки всех характеристик на всех уровнях.

Достоинством бинарной структуры является то, что она позволяет решать задачу комплексного оценивания по N критериям путем многошаговой процедуры агрегирования, причем на каждом шаге производится агрегирование только по двум критериям. Это упрощает задачу выбора правил агрегирования, поскольку соответствует реальным возможностям человека в выдаче непротиворечивой устойчивой информации (гипотеза бинарности). Эта гипотеза утверждает, что человек устойчиво сравнивает и разбивает на классы объекты, отличающиеся оценками по двум критериальным свойствам [43].

Таким образом, при бинарной критериальной структуре возможно наиболее точное отражение стратегии лица принимающего решение или эксперта через процедуру свертки, и достаточно широкий класс комплексных критериев представим в виде бинарной структуры.

Рассмотренная схема является базовой при разработке процедур оценивания для реальных объектов и должна быть настроена с учетом специфики оцениваемых проектов, требований лица принимающего решение, механизмов управления, в которых будут использованы полученные комплексные оценки.

Настройка процедуры оценивания (при сформированном дереве оценок и фиксированном наборе исходных показателей) включает ряд задач, в том числе:

- выбор нормирующих преобразований;
- определение вида и параметров частных функций оценки;
- выбор оценочных шкал;
- выбор типа процедур агрегирования (свертки) и настройка их параметров;
- выбор методов перехода от непрерывных шкал к дискретным.

Таким образом, для определения интегрального риска строится бинарное дерево свертки, в котором каждая не висячая вершина представляет собой логическую матрицу свертки, аккумулирующую информацию из матриц предыдущего слоя.

Алгоритм определения интегральной оценки риска рассмотрим на примере фрагмента дерева рисков (рис. 2.6) со следующими

исходными показателями локальных рисков: экономический риск (a_1), экологический риск (a_2), и два показателя социального риска – людские потери (a_3) и изменение (ухудшение) условий жизни (a_4).

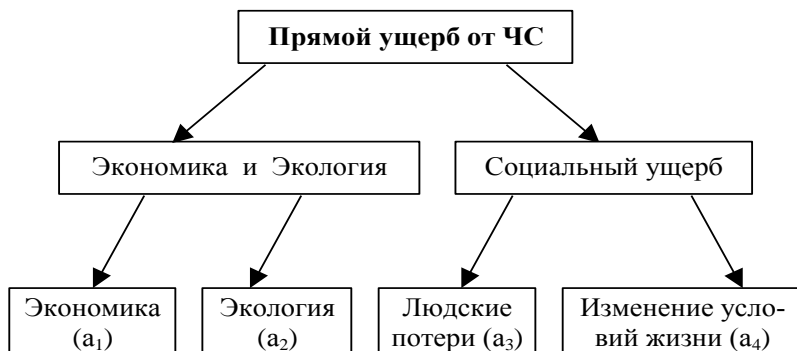


Рис 2.6. Бинарная структура дерева рисков (прямого ущерба).

Введем три логические матрицы свертки. Первая матрица дает обобщенную оценку экономического и экологического риска, которую мы назовем материальным риском. Вторая матрица дает обобщенную оценку локальных рисков людских потерь и ухудшения условий жизни, то есть оценку социального риска. Наконец, третья матрица дает оценку интегрального риска путем агрегирования обобщенных оценок материального и социального рисков (рис. 2.7).



Рис. 2.7. Логические матрицы свертки.

Заметим, что логические матрицы свертки по сути дела определяют процедуру агрегирования локальных рисков в интегральную оценку риска, и тем самым, фиксируют приоритеты и политику руководства объекта по отношению к ущербам различного типа. Поэтому утверждение логических матриц свертки – ответственная процедура, выполняемая высшим руководством объекта.

Описанная методика построения интегральной оценки риска на основе агрегирования локальных рисков (ожидаемых ущербов) может быть без существенных изменений применена и для построения интегральной оценки риска как математического ожидания интегральной оценки ущерба. Для этого достаточно в качестве исходных показателей рассматривать не локальные риски, а непосредственно ущербы, приписывая каждой величине ущерба соответствующую вероятность. Таким образом, каждый тип ущерба характеризуется распределением вероятностей возможных значений ущерба. Задача заключается в определении на основе этих данных распределения вероятностей возможных значений интегральной оценки ущерба. Рассмотрим ее решение на примере с логическими матрицами свертки рис 2.7.

Обозначим p_{ij} вероятность значения j для ущерба a_i , $i = \overline{1, 4}$, $j = \overline{1, 3}$. Значения вероятностей p_{ij} приведены в таблице:

0,3	0,3	0,4
0,3	0,3	0,4
0,4	0,3	0,3
0,4	0,3	0,3

Предположим, что ущербы различных типов являются независимыми случайными величинами. Определим распределение вероятностей возможных значений материального ущерба. Из анализа матрицы материального ущерба на рис. 2.7 мы видим, что незначительный материальный ущерб (оценка 1) имеет место в двух случаях. В первом случае незначительным является и экономический и экологический ущерб, а во втором – при незначительном экологическом ущербе имеет место ощутимый экономический ущерб. Обозначим q_{1j} – вероятность оценки j материального ущерба. В

соответствии с известными формулами теории вероятностей получаем: $q_{11} = p_{11}p_{21} + p_{12}p_{21} = 0,18$.

Оценка 2 материального ущерба (ощутимый материальный ущерб) имеет место уже в четырех случаях. Поэтому $q_{12} = p_{11}p_{22} + p_{11}p_{23} + p_{12}p_{22} + p_{13}p_{21} = 0,42$.

Наконец оценка 3 (существенный материальный ущерб) имеет место в трех случаях. Имеем $q_{13} = p_{12}p_{23} + p_{13}p_{22} + p_{13}p_{23} = 0,4$.

Действуя аналогичным образом, определяем распределение вероятностей q_{2j} возможных значений социального ущерба:

$$q_{21} = p_{31}p_{41} + p_{32}p_{41} + p_{31}p_{42} + p_{32}p_{42} = 0,49,$$

$$q_{22} = p_{31}p_{43} + p_{33}p_{41} = 0,24,$$

$$q_{23} = p_{32}p_{43} + p_{33}p_{42} + p_{33}p_{43} = 0,27.$$

Зная распределения вероятностей возможных значений материального и социального ущербов на основе матрицы интегрального ущерба, определяем распределение вероятностей возможных значений интегрального ущерба. Обозначая Q_j – вероятность оценки j интегрального ущерба, получаем:

$$Q_1 = q_{11}(q_{21} + q_{22}) = 0,1314$$

$$Q_2 = q_{11}q_{23} + q_{12}q_{22} + q_{12}q_{21} = 0,3552$$

$$Q_3 = q_{12}q_{23} + q_{13}q_{23} + q_{13}q_{22} + q_{13}q_{21} = 0,5134$$

Теперь можно оценить интегральный риск как среднее значение интегральных оценок ущерба:

$$R = 1 * 0,1314 + 2 * 0,3552 + 3 * 0,5134 = 2,562.$$

В данном случае уровень риска находится между ощутимым (средним) и существенным (высоким). Предположение о независимости величин ущербов различных типов не всегда соответствует действительности. В ряде случаев более адекватным является сценарный подход, при котором чрезвычайная ситуация имеет несколько вариантов (сценариев) развития. Каждый вариант реализуется с некоторой вероятностью и характеризуется определенным вектором ущербов. Понятно, что в данном случае ущербы различных типов не являются независимыми случайными величинами. Пусть число возможных сценариев равно m , а вероятность j -го варианта равна P_j . В этом случае для каждого варианта j определяем интегральную оценку ущерба K_j . Зная интегральные оценки ущерба каждого варианта и его вероятность, можно определить вероятности возможных значений оценки интегрального ущерба

Q_j , а следовательно и риск: $R = \sum_{j=1}^m Q_j j$, где m – число возможных

значений оценок интегрального ущерба.

Рассмотрим численный пример расчета риска на основе сценарного подхода. Пусть возможны три сценария развития ЧС, различающиеся по тяжести последствий. Вероятности этих сценариев и соответствующие векторы ущербов приведены в таблице:

№ Сценария	P_j	a_1	a_2	a_3	a_4	A
1	0,2	1	2	1	2	2
2	0,7	2	2	1	3	2
3	0,1	2	3	2	3	3

В этой же таблице указаны интегральные оценки ущерба различных сценариев, определенные по логическим матрицам свертки рис 2.7. Из таблицы следует, что первый и второй сценарии имеют интегральную оценку ущерба 2, а третий – 3. Поэтому вероятности возможных значений интегральных оценок ущерба равны, соответственно: $Q_1 = 0$, $Q_2 = 0,9$, $Q_3 = 0,1$. Риск или средний ущерб составляет:

$$R = 0 * 1 + 0,9 * 2 + 0,1 * 3 = 2,1,$$

то есть близок к осязательному.

Для сравнения определим риск, предполагая ущербы различных типов независимыми случайными величинами. Для этого сначала определим вероятности P_{ij} того, что ущерб i -го типа имеет оценку j (см. таблицу):

$i \backslash j$	1	2	3
1	0,2	0,8	0
2	0	0,9	0,1
3	0,9	0,1	0
4	0	0,2	0,8

Теперь, применяя описанный выше алгоритм определяем вероятности возможных оценок материального и социального ущерба. Имеем:

$$\begin{aligned}q_{11} &= p_{11}p_{21} + p_{12}p_{21} = 0, \\q_{12} &= p_{11}(p_{22} + p_{23}) + p_{12}p_{22} + p_{13}p_{21} = 0,92, \\q_{13} &= p_{12}p_{23} + p_{13}(p_{22} + p_{23}) = 0,08, \\q_{21} &= p_{31}p_{41} + p_{32}p_{41} + p_{31}p_{42} + p_{32}p_{42} = 0,2, \\q_{22} &= p_{31}p_{43} + p_{33}p_{41} = 0,72, \\q_{23} &= p_{32}p_{43} + p_{33}p_{42} + p_{33}p_{43} = 0,08.\end{aligned}$$

Далее определяем распределение вероятностей возможных оценок интегрального ущерба:

$$\begin{aligned}Q_1 &= q_{11}(q_{21} + q_{22}) = 0 \\Q_2 &= q_{11}q_{23} + q_{12}(q_{22} + q_{21}) = 0,8464 \\Q_3 &= q_{12}q_{23} + q_{13}q_{23} + q_{13}q_{22} + q_{13}q_{21} = 0,1536.\end{aligned}$$

Интегральная оценка риска равна:

$$R = 0 \times 1 + 0,8464 \times 2 + 0,1536 \times 3 = 2,1536.$$

Сравнивая с результатами сценарного подхода, видим, что оценки и вероятностей и риска отличаются, хотя и незначительно. Описанные выше алгоритмы позволяют определять интегральную оценку риска, либо как комплексную оценку локальных рисков, либо как математическое ожидание комплексной оценки локальных ущербов. Умея определять интегральный риск, можно ставить и решать задачу управления риском то есть разработки программы снижения риска до требуемого уровня с минимальными затратами. Ниже рассматривается постановка и решение этой задачи для случая, когда интегральный риск определяется как комплексная оценка локальных рисков. Для этого случая удастся предложить эффективный метод разработки оптимальной программы снижения риска.

2.3. Разработка оптимальной программы снижения риска

Снижение интегральной оценки риска достигается за счет проведения мероприятий, снижающих локальные риски по различным направлениям. Так для нашего примера имеются направления снижения риска: направление a_1 связано с мероприятиями, сни-

жающими экономический риск, направление a_2 – экологический риск, направление a_3 – риск людских потерь и направление a_4 – риск ухудшения условий жизни. Примем для определенности, что исходное состояние объекта характеризуется высокими локальными рисками (оценки 3) по всем направлениям. Соответственно, интегральная оценка также равна 3 (высокий или существенный риск). Снижение локального риска по каждому направлению требует затрат на проведение соответствующих мероприятий. Обозначим S_{ij} – затраты на снижение локального риска по направлению a_i до оценки j , $i = \overline{1, 4}$, $j = \overline{1, 3}$ (S_{i3} соответствует затратам на поддержание локального риска на том же уровне). Поставим задачу разработать вариант программы снижения интегрального риска до оценки 2 (средний или ощутимый риск) с минимальными затратами. Каждый вариант программы будем описывать вектором локальных рисков. Так вариант (2, 1, 2, 3) означает, что реализация программы обеспечивает снижение экономического риска до среднего уровня, экологического – до низкого уровня, риска людских потерь – до среднего уровня, а риск ухудшения условий жизни остается высоким. Интегральный риск при этом равен 2, то есть данный вариант программы является допустимым. Затраты на реализацию данного варианта составляют:

$$S(2, 1, 2, 3) = S_{12} + S_{21} + S_{32} + S_{43}.$$

Для разработки программы минимальной по стоимости можно рассмотреть все допустимые варианты и выбрать из них вариант с минимальными затратами. Однако, при большом числе локальных рисков и большом числе возможных оценок локальных рисков число допустимых вариантов становится большим и простой перебор не эффективен.

Определение. Вариант программы называется напряженным, если увеличение локального риска хотя бы по одному направлению приводит к увеличению интегрального риска.

Важность понятия напряженного варианта связана с тем, что как легко показать, оптимальный вариант программы является напряженным вариантом. Действительно, пусть имеется допустимый, не напряженный вариант. Тогда существует направление, по которому можно увеличить локальный риск без изменения оценки интегрального риска. Очевидно, что новый вариант является допустимым и требует меньших затрат. Опишем алгоритм построе-

ния всех напряженных вариантов. Заметим, что напряженный вариант по существу является Парето-оптимальным вариантом. Определение Парето-оптимальных вариантов при дискретных шкалах оценок – задача известная и для двух критериев (обобщенных оценок, свертка которых определяется одной матрицей) алгоритм также известен. Дадим его краткое описание.

Рассматриваем последний столбец матрицы и определяем максимальную строку с требуемой оценкой. Напоминаем, что в нашем случае нумерация столбцов идет справа налево, а строк – сверху вниз. Для этой строки определяем максимальный столбец с требуемой оценкой. Эта оценка будет определять напряженный вариант. Далее, начиная со столбца с меньшим номером (на единицу), повторяем процедуру, и т.д. Будем для краткости обозначать этот базовый алгоритм символом H . Для описания всех напряженных вариантов применяем алгоритм H к матрице интегральной оценки (корневая вершина дерева критериев). Заметим, что каждому напряженному варианту матрицы интегральной оценки соответствуют две обобщенные оценки следующего уровня дерева критериев. Для каждой из них находим все напряженные варианты в соответствующих матрицах обобщенных оценок (применяя алгоритм H). Продолжаем таким образом строить сеть напряженных вариантов. Эта сеть для нашего примера приведена на рис. 2.8.

В ней чередуются вершины двух типов. Вершины одного типа обозначены квадратами, в которых указаны значения обобщенных оценок, для которых нужно определить напряженные варианты в соответствующих матрицах (вход сети всегда квадрат, в котором указано значение комплексной оценки, а выходы – квадраты, в которых указаны значения оценок по направлениям). Вершины-квадраты соединены дугами с вершинами-кружками, в которых указаны все напряженные варианты для данной обобщенной оценки. Любому напряженному варианту соответствует прадререво (подграф сети) с корнем в начальной вершине. В каждую вершину-кружок этого прадререва заходит только одна дуга от вершины-квадрата более высокого уровня, а из каждой вершины-кружка выходят две дуги к вершинам-квадратам более низкого уровня (на рис. 2.8 один из вариантов выделен жирным дугами). Построив сеть напряженных вариантов, нетрудно определить их число. Для этого присваиваем выходным вершинам сети (квадратам) индекс 1.

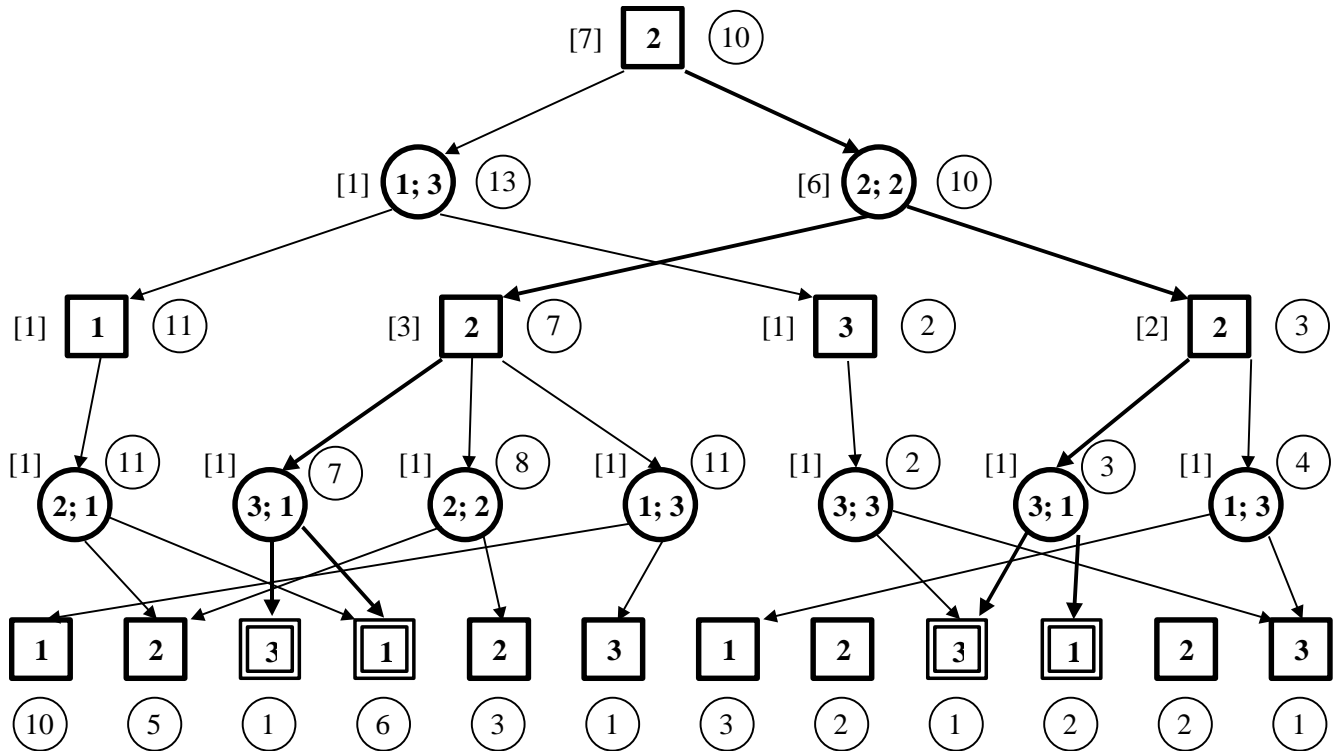


Рис. 8. Сеть напряженных вариантов.

Индексы вершин-кружков получаются произведением индексов смежных им вершин-квадратов нижнего уровня, а индексы вершин-квадратов получаются сложением индексов смежных им вершин-кружков нижнего уровня. Двигаясь таким образом снизу вверх, определяем индекс входной вершины сети. Значение этого индекса определяет число напряженных вариантов. Для сети рис. 2.8 число напряженных вариантов равно семи (индексы указаны в квадратных скобках у соответствующих вершин).

Пусть построена сеть напряженных вариантов. Для определения варианта минимальной стоимости присваиваем выходам сети индексы, равные затратам на реализацию соответствующих мероприятий. Двигаясь снизу вверх, определяем индексы остальных вершин. При этом индекс вершин-кружков равен сумме индексов соответствующих вершин-квадратов более низкого уровня, а индекс вершин-квадратов равен минимальному из индексов смежных с ним вершин-кружков более низкого уровня. Индекс вершины-входа будет равен величине минимальных затрат. Обоснование алгоритма следует из очевидного факта, что индекс любой вершины-квадрата при описанном способе вычисления индексов равен минимальным затратам на получение требуемой величины соответствующей обобщенной оценки.

Вариант, соответствующий минимальной стоимости определяется алгоритмом «обратного хода». Начиная с вершины верхнего уровня (входа сети), определяем вершину-кружок с минимальным индексом. Для смежных с ней вершин-квадратов более низкого уровня также определяем вершины-кружки более низкого уровня с минимальными индексами и т.д. Если оптимальных вариантов несколько, то можно построить подсеть оптимальных вариантов (их число определяется так же, как и число всех напряженных вариантов).

Для матрицы затрат, изображенной на рис. 2.8, оптимальный вариант выделен на сети жирными дугами. Оптимальный набор мероприятий в нашем случае получился следующим: 3, 1, 3, 1, а функционал цели равным 10. Выбранные мероприятия на рис. 2.8 выделены двойными линиями. Таким образом, задача решена.

3. МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ

3.1. Описание моделей управления

Анализ отечественного и зарубежного опыта в области разработки и применения экономических механизмов для предупреждения и ликвидации ЧС показал, что существует достаточно большое число экономических механизмов, направленных на снижение риска возникновения ЧС. Все эти механизмы поддаются естественному разделению на однородные группы. Внутри каждой такой группы механизмы отличаются друг от друга лишь некоторыми модификациями, поэтому приводимое здесь описание будет отражать лишь принципиальные особенности экономических механизмов, входящих в каждую группу. Примем, что структура системы, в которой действует экономический механизм, является двухуровневой. Верхний уровень занимает орган управления уровнем безопасности (природоохранный орган, орган местной или центральной власти). Кроме того, на верхнем уровне могут находиться одна или несколько страховых организаций. Нижний уровень этой системы занимают объекты, деятельность которых несет в себе потенциальную угрозу возникновения ЧС. Выделим основные (базовые) экономические механизмы управления уровнем безопасности (обеспечения безопасности).

1. Механизмы экономической ответственности. Эта группа механизмов включает систему стандартов (норм, нормативов, квот), отклонение от которых ведет к определенным экономическим санкциям (от штрафов до остановки производства, запрещения строительства и др). Соответствующие стандарты касаются, в первую очередь, применяемых технологий производства (или строительства), организационно-технических мер по обеспечению безопасности производства, ограничений на предельно допустимые

концентрации, выбросы или сбросы. К этой же группе механизмов отнесем механизмы экспертизы (проектов, предприятий), в которых оценка уровня безопасности (риска) производится экспертной комиссией, и экономическая ответственность определяется в зависимости от результатов экспертизы.

Важный класс составляют механизмы возмещения ущерба, в которых экономическая ответственность прямо связана с величиной ущерба от возникновения чрезвычайной ситуации.

2. Механизмы перераспределения риска. В основном это механизмы страхования (государственное, независимое и взаимное страхование). Главная проблема при разработке механизмов страхования - это определение страховых взносов.

3. Механизмы формирования и использования бюджетных и внебюджетных фондов. Здесь, на наш взгляд, наиболее слабое звено связано с распределением фондов. Эффективные механизмы распределения фондов должны опираться на систему комплексного оценивания уровня безопасности в регионе.

4. Механизмы стимулирования повышения уровня безопасности (снижения ожидаемого ущерба). Сюда относятся механизмы льготного налогообложения, а также льготного кредитования мероприятий по повышению уровня безопасности (снижения риска).

5. Механизмы резервирования на случай чрезвычайных ситуаций. Сюда относятся механизмы образования резервов трудовых ресурсов (пожарные, спасатели и др.), материальных ресурсов (запасы продовольствия, сырья, медикаментов, транспорт и др), мощностей для быстрой организации производства продукции, необходимой для ликвидации или уменьшения потерь от чрезвычайных ситуаций. В отличие от первых четырех групп механизмов, направленных в основном на повышение уровня безопасности или снижение риска, механизмы резервирования направлены на создание условий для скорейшей ликвидации чрезвычайной ситуации и уменьшения потерь от нее. Структура системы экономических механизмов приведена на рис. 3.1.

Инерционность действия экономических механизмов, связанная с периодом адаптации к ним, предопределяет важность предварительной оценки их эффективности. В основе такой предварительной оценки лежит прогноз поведения активных элементов

системы в условиях заданной совокупности экономических механизмов. Достоверность и точность такого прогноза во многом определяется точностью описания системы мотивации элементов. Имея в виду хозяйственно самостоятельные организации в условиях рыночной экономики, мы вправе принять в качестве доминантной мотивации такую экономическую категорию как прибыль организации за вычетом налогов, штрафов, платы за загрязнение, выбросы, сбросы, и т.д. с добавлением субсидий и прочих средств, получаемых из централизованных, общественных и других фондов. Эту прибыль назовем остаточной и примем стремление к максимизации остаточной прибыли в качестве главной цели хозяйственной организации.

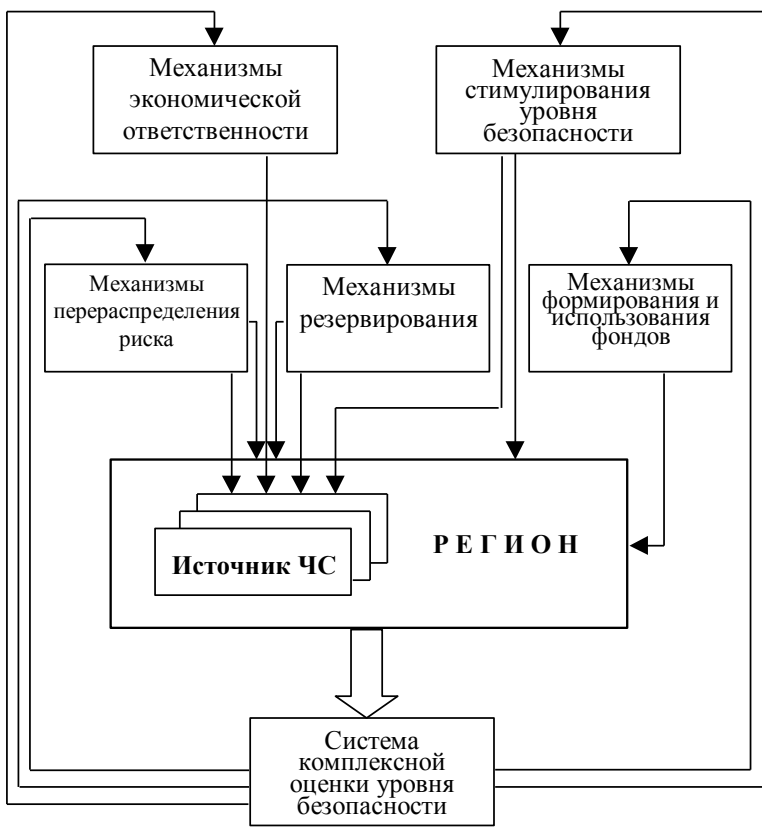


Рис. 3.1. Структура системы экономических механизмов.

Рассмотрим этапы функционирования системы управления уровнем безопасности (рис. 3.2).

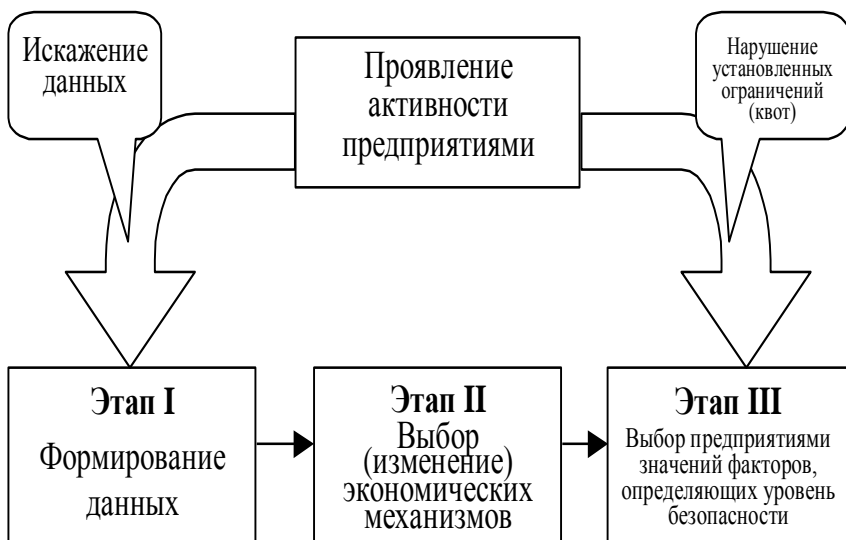


Рис. 3.2. Этапы функционирования системы обеспечения безопасности.

1 этап. Сбор информации. На этом этапе орган управления (ОУ) производит сбор и обработку информации, необходимой для определения параметров системы экономических механизмов. Эта информация связана, в первую очередь, с оценкой уровня безопасности в регионе и затратами хозяйственных организаций на уменьшение их отрицательного воздействия на этот уровень. Важно отметить, что источник информации о затратах на уменьшение вредного воздействия или на уменьшение опасности возникновения чрезвычайной ситуации есть само предприятие, то есть источник потенциальной опасности. В силу наличия собственных экономических интересов предприятие может исказить сообщаемые данные, что приводит к ошибкам в выборе типа и параметров экономических механизмов.

2 этап. Выбор (изменение) экономических механизмов. На этом этапе производится изменение системы экономических механизмов, что может включать как существенное изменение типа применяемых механизмов (например, замена механизма платы за выбросы механизмом ограничений на выбросы), так и изменение

параметров механизма без изменения его типа (изменение принципов распределения квот, платежей и т.д.).

3 этап. Функционирование региона в условиях действия системы экономических механизмов. Исходя из своих экономических интересов на этапе функционирования предприятия выбирают ту или иную стратегию действий. При обоснованном выборе системы экономических механизмов действия предприятия будут направлены на повышение уровня безопасности производства, уменьшение его вредного воздействия на уровень безопасности региона и, как следствие, будет достигнута поставленная цель - обеспечить требуемый уровень безопасности региона и при этом условии - высокую экономическую эффективность.

Если система экономических механизмов выбрана неудачно, то действия предприятий приведут либо к нарушению установленных норм и квот, превышению отрицательных воздействий и уменьшению уровня безопасности, либо к обеспечению требуемого уровня, но слишком дорогой ценой - за счет существенного снижения уровня жизни.

Как видно из описания этапов функционирования активное поведение предприятий проявляется на первом этапе сообщения информации и на третьем этапе выбора действий.

Исследование эффективности различных экономических механизмов обеспечения безопасности будем проводить на модели, описание которой дается ниже.

Будем рассматривать регион, в котором функционируют n хозяйственных объектов (например, предприятий), деятельность которых оказывает отрицательное воздействие на уровень безопасности региона.

Обозначим через y_i - уровень безопасности i -го объекта, x_i - уровень риска, причем $x_i + y_i = 1$ (100%) (методы определения уровня безопасности или уровня риска рассмотрены в третьей главе).

Обозначим далее через $Y(X)$ уровень безопасности риска региона. Примем, что уровень безопасности риска региона равен сумме уровней безопасности (риска) предприятий

$$Y = \sum_{i=1}^n y_i, \quad X = \sum_{i=1}^n x_i. \quad (3.1.1)$$

Выбор такого простого выражения для интегральной оценки уровня безопасности (риска) позволяет облегчить математические выкладки и сконцентрировать внимание на анализе поведения предприятий при действии тех или иных экономических механизмов. Обеспечение уровня y_i требует от предприятия определенных затрат

$$z_i = \varphi_i (y_i),$$

где φ_i – возрастающая функция y_i .

Эти затраты включают в себе две составляющие. **Первая** связана с переходом на новый уровень безопасности (смена технологии, закупка более совершенных систем контроля, обучение персонала и т.д.), а **вторая** – с поддержанием этого уровня в течение рассматриваемого периода времени (повышенные издержки при новой более безопасной технологии, затраты на обслуживание систем контроля и т.д.). Очевидно, что затраты на снижение риска ухудшают финансовое положение предприятия.

В условиях крайнего дефицита средств и тяжелого экономического положения многих российских предприятий маловероятно, что угроза чрезвычайной ситуации заставит предприятие тратить деньги на снижение риска. Это подтверждается и существующей практикой.

Поэтому необходимы механизмы прямого воздействия уровня безопасности (риска) на экономику предприятия таким образом, чтобы снижение риска обеспечивало предприятию экономический эффект в рассматриваемом периоде так же, как и мероприятия, связанные с повышением эффективности производства. К таким механизмам и относятся экономические механизмы обеспечения безопасности.

Мы рассмотрим примеры механизмов экономической ответственности (плата за риск и ограничения на уровень риска), механизмов стимулирования (льготное налогообложение), механизмов перераспределения риска (страхование), а также механизмов распределения фондов (безвозмездное или частичное финансирование мероприятий по снижению риска, либо их льготное кредитование).

Механизмы платы за риск

Рассмотрим линейный механизм платы за риск.

$$S = \lambda x = \lambda(1 - y). \quad (3.1.2)$$

В этом случае при проведении мероприятий, обеспечивающих уровень безопасности y , предприятие получает эффект (материальную прибыль) в размере

$$f(y) = \lambda(y - y_0) - \varphi(y - y_0) = \lambda(x_0 - x) - \varphi(x_0 - x),$$

где $y_0(x_0)$ – существующий уровень безопасности (риска).

Зададимся вопросом, какой уровень безопасности (риска) экономически выгоден для предприятия?

Предположим сначала, что в силу ограниченности собственных средств, предприятие берет кредит по процентной ставке a . В этом случае оптимальный уровень безопасности определяется из условия максимума следующей величины

$$\lambda(y - y_0) - (1 + a) \times \varphi(y - y_0). \quad (3.1.3)$$

Если мероприятия по повышению уровня безопасности проводятся на собственные средства, то оптимальный уровень безопасности также определяется из условия максимума выражения (3.1.3), где α – маржинальная рентабельность мероприятий по повышению экономической эффективности производства.

Этот вывод достаточно прозрачен. Предприятие будет повышать уровень безопасности до тех пор, пока это будет давать экономический эффект (в виде снижения платы за риск) не меньший, чем мероприятия по повышению эффективности производства.

В дальнейшем для упрощения записи примем начальный уровень безопасности $y_0=0$, а функцию $(1 + \alpha) \times \varphi(y)$ будем обозначать как $\varphi(y)$.

Механизмы ограничения риска (квот)

В этой группе механизмов устанавливаются определенные нормы, нормативы, квоты, определяющие требование к уровню безопасности, нарушение которых ведет к экономическим санкциям (от штрафов до остановки производства, запрещения строительства и т.д.). Соответствующие стандарты касаются, в первую очередь, применяемых технологий производства (строительства), организационно-технических мер по обеспечению безопасности производства. Нормы и нормативы ограничивают, как правило, предельно допустимые концентрации, выбросы или сбросы.

Обозначим w – установленную квоту на уровень безопасности производства. В простейшем случае функция штрафов за нарушение квоты имеет вид

$$\chi(y, w) = \begin{cases} 0, & \text{если } y \geq w \\ \alpha(w - y), & \text{если } y \leq w \end{cases}. \quad (3.1.4)$$

Основной проблемой при проектировании механизмов квот является определение самих квот. Для корректировки установленных квот весьма эффективным является механизм торговли квотами. Рассмотрим его на простом примере.

Пример 3.1. Имеются два предприятия с функциями затрат

$$\varphi_1(y_1) = \frac{1}{6} y_1^2, \quad \varphi_2(y_2) = \frac{1}{4} y_2^2.$$

Первоначально им были установлены равные квоты $w_1 = w_2 = 5$. Возьмем рыночную цену единицы квоты равной $\lambda = 2$. Если первое предприятие, увеличив свою квоту на единицу, продаст второму предприятию право на уменьшение его квоты на единицу, то первое предприятие выиграет от увеличения его квоты.

$$\lambda \times 1 - \left(\frac{1}{6} \times 6^2 - \frac{1}{6} \times 5^2 \right) = 2 - \frac{11}{6} = \frac{1}{6}.$$

Второе предприятие также выигрывает от уменьшения его квоты

$$\left(\frac{1}{4} \times 5^2 - \frac{1}{4} \times 4^2 \right) - 1 \times \lambda = \frac{1}{4}.$$

Заметим, что при этом суммарные затраты на достижение требуемых уровней безопасности уменьшаются.

Механизмы налогообложения

Механизмы налогообложения относятся к группе механизмов стимулирования. Стимулирующее действие механизмов налогообложения достигается за счет того, что налоговая ставка на прибыль уменьшается с ростом уровня безопасности, например, по линейному закону

$$\mu(y) = \mu_0 - \beta y. \quad (3.1.5)$$

Обозначим через Π_0 прибыль предприятия без учета затрат на рост уровня безопасности. Тогда остаточная или чистая прибыль (прибыль за вычетом налогов) будет равна

$$f(y) = (1 - \mu_0 + \beta y) [\Pi_0 - \varphi(y)]. \quad (3.1.6)$$

Заметим, что стимулирование роста уровня безопасности с помощью налоговых механизмов на практике может оказаться

достаточно сложной задачей, поскольку требует изменения налогового законодательства.

Механизмы страхования

Стимулирующее действие механизмов страхования связано с тем, что премия $\sigma(x)$ страховщика (страховой взнос страхователя) ставится в зависимость от от уровня риска (безопасности). В линейном случае

$$\sigma(x) = \lambda x = \lambda(1-y). \quad (3.1.7)$$

Сравнивая с механизмом платы за риск - (3.1.2), легко видеть, что по типу стимулирующего воздействия механизм страхования эквивалентен механизму платы за риск.

Механизмы распределения централизованных фондов

Механизмы распределения фондов (бюджетных и внебюджетных) относятся к группе механизмов стимулирования, поскольку предприятия получают средства из фондов либо на безвозмездной основе, либо на условиях частичного возврата, либо льготного кредитования.

Выделим **четыре типа** механизмов распределения фондов.

Механизм стимулирования снижения риска. Предприятие получает из фонда средства в зависимости от планируемого в рассматриваемом периоде уровня безопасности. В линейном случае величина S_i получаемых предприятием средств прямопропорциональна планируемому уровню y_i , то есть

$$S_i = \lambda y_i. \quad (3.1.7)$$

Величина норматива λ определяется из условия достижения требуемого уровня региональной безопасности, либо из условия ограниченности величины фонда. Величину требуемых для стимулирования средств можно уменьшить, если ввести норму δ_i

$$S_i = \lambda(y_i - \delta_i). \quad (3.1.8)$$

В данном случае при $y_i < \delta_i$ предприятие платит в фонд (плата за риск), а при $y_i > \delta_i$ – получает средства из фонда.

В частности, если взять

$$\sum_{i=1}^n \delta_i = Y,$$

где Y – требуемый уровень региональной безопасности, то величина фонда может быть **равна 0**.

Действительно, в этом случае сумма средств, выплачиваемых предприятиям за превышение нормы δ_i в точности равна сумме штрафов, которые платят предприятия, не достигшие этой нормы. Такой механизм занимает промежуточное положение между механизмами ответственности за риск и механизмами стимулирования снижения риска.

Механизм компенсации затрат на снижение риска. Предприятия представляют в фонд информацию о затратах $\tilde{\varphi}_i(y_i)$, требуемых для обеспечения уровня безопасности \tilde{y}_i . В фонде решается задача минимизации средств на компенсацию

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \tilde{\varphi}_i(y_i). \quad (3.1.9)$$

при условии обеспечения требуемой величины уровня региональной безопасности

$$\sum_{i=1}^n y_i \geq Y. \quad (3.1.10)$$

Если величина фонда ограничена, то Центр решает задачу максимизации уровня региональной безопасности (3.1.10) при условии ограниченности средств фонда

$$\alpha \sum_{i=1}^n \tilde{\varphi}_i(y_i) \leq \Phi, \quad (3.1.11)$$

Особый вид механизмов компенсации затрат представляют **конкурсные механизмы**. Предприятия представляют в фонд проекты повышения уровня безопасности до некоторой величины y_i с оценкой требуемых для этого средств s_i . В фонде, на основе конкурсного отбора, определяется множество победителей конкурса, которые и получают требуемые средства.

3.2. Оценка эффективности экономических механизмов снижения риска

В зависимости от рассматриваемой ситуации и применяемой системы экономических механизмов оценка их эффективности может проводиться по различным критериям. Так, если применяются механизмы платы за риск, то критерием оценки служит сум-

марная величина затрат предприятий при условии обеспечения требуемого уровня безопасности (эта величина характеризует дополнительную нагрузку на предприятия на обеспечение безопасности производства).

В механизме квот основным критерием эффективности является оптимальность установления квот с позиций суммарных затрат предприятий на обеспечение требуемого уровня регионального риска. Наконец, в механизмах стимулирования эффективность определяется либо по величине выплат из Фонда на обеспечение требуемого уровня регионального риска (чем меньше, тем лучше), либо по величине уровня региональной безопасности, который достигается при ограниченной величине средств Фонда (чем больше, тем лучше). Исходя из этих соображений оценим эффективность различных механизмов, описанных выше.

3.3. Линейный механизм платы за риск

Примем, что функции затрат предприятий известны органу управления (Центру) с точностью до некоторого параметра r_i , то есть $\varphi_i(y_i) = \varphi_i(y_i, r_i)$. Относительно r_i Центру известен только отрезок его возможных значений $r_i \in [d_i, w_i]$, $i = 1, \dots, n$. На этапе выбора параметров механизма платы за риск каждое предприятие сообщает Центру оценку s_i параметра r_i . Получив эту информацию Центр решает задачу назначения требуемого уровня безопасности y_i для каждого предприятия так, чтобы

$$\sum_{i=1}^n y_i \geq Y \quad (3.3.1)$$

при условии, что при выбранном нормативе α каждому предприятию устанавливается планируемый уровень безопасности w_i , минимизирующий сумму платы за риск и оценки затрат на достижение уровня y_i

$$\lambda(1 - y_i) + \varphi_i(y_i, s_i). \quad (3.3.2)$$

Далее будем предполагать, что функция φ_i является выпуклой, возрастающей, непрерывно дифференцируемой функцией y_i , причем $\varphi'_i(y_i, r_i) = 0$ для всех $i = 1, \dots, n$. В этом случае условия минимума (3.2.2) можно записать в виде

$$\varphi'_i(y_i, s_i) = \lambda, \quad i = 1, \dots, n. \quad (3.3.3)$$

Разрешая эти уравнения относительно w_i , получим

$$y_i = \xi_i(\lambda, s_i), i = 1, \dots, n. \quad (3.3.4)$$

Наконец, из уравнения

$$\sum_{i=1}^n \xi_i(\lambda, s_i) = Y. \quad (3.3.5)$$

Определяем норматив λ , обеспечивающий достижение уровня региональной безопасности Y .

Заметим, что норматив λ определяется на основе информации, получаемой от всех предприятий. В этом случае достаточно обоснованной представляется следующая гипотеза (слабого влияния): при принятии решения о том, какую оценку сообщать, предприятия не учитывают влияния этой оценки на норматив λ .

В этом случае описанный механизм обладает двумя замечательными свойствами:

а) Каждое предприятие заинтересовано в предоставлении Центру достоверной информации о функции затрат.

б) Установленные плановые уровни безопасности $\{y_i\}$ минимизируют суммарные затраты предприятий на достижение требуемого уровня региональной безопасности Y .

Докажем эти два свойства. При гипотезе слабого влияния предприятия сообщают оценку s_i , которая обеспечит им получение планового уровня y_i , максимизирующего их целевую функцию

$$\lambda(1 - y_i) + \varphi_i(y_i, r_i).$$

Условие максимума этой функции имеет вид

$$\varphi'_i(y_i, r_i) = \lambda.$$

Сравнивая с (3.3.3), мы видим, что сообщая $s_i = r_i$ предприятие обеспечивает максимум целевой функции при любом нормативе λ_i . Второе свойство следует из того, что при $s_i = r_i$, $i = 1, \dots, n$ условие (3.3.3) переходит в условие минимума суммы затрат предприятий на достижение требуемого уровня региональной безопасности.

Пример 3.2. Пусть $\varphi_i(y_i) = \frac{1}{2r_i} \times y_i^2, i = 1, \dots, n$.

Условие (3.3.4) принимает вид

$$w_i = \lambda s_i, i = 1, \dots, n.$$

Из условия (3.2.5) получаем

$$\lambda = \frac{Y}{S}, \text{ где } S = \sum_{i=1}^n s_i.$$

Целевая функция i -го предприятия будет иметь следующий вид

$$f_i = \lambda(1 - y_i) + \varphi_i(y_i, r_i) = \lambda - \lambda^2 \left[s_i - \frac{s_i^2}{2r_i} \right]. \quad (3.3.6)$$

При гипотезе слабого влияния минимум (3.3.6) соответствует максимуму выражения

$$s_i - \frac{s_i^2}{2r_i},$$

который достигается, как легко определить, при $s_i = r_i$.

Проверим обоснованность гипотезы слабого влияния. Для этого оценим изменение λ при изменении s_i

$$\frac{\partial \lambda}{\partial s_i} = -\frac{Y}{S^2} \leq -\frac{Y}{\sum_{i=1}^n d_i}.$$

Если $d_i \geq d > 0$ для всех i , то

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\partial \lambda}{\partial s_i} = 0,$$

то есть, с увеличением числа предприятий влияние оценки отдельного предприятия на параметр λ уменьшается. Таким образом, при достаточно большом числе предприятий гипотеза слабого влияния правомерна.

Рассмотрим интересный частный случай функций затрат вида

$$\varphi_i(y_i, r_i) = r_i \varphi\left(\frac{y_i}{r_i}\right), \quad (3.3.7)$$

где $\varphi(\cdot)$ – единая для всех предприятий функция. В этом случае из условий

$$\varphi'_i(y_i, r_i) = \varphi'\left(\frac{y_i}{r_i}\right) = \lambda, i = 1, \dots, n$$

получаем

$$y_i = r_i \xi(\lambda), i = 1, \dots, n$$

и следовательно,

$$y_i = \frac{S_i}{S_i} \times Y, i = 1, \dots, n. \quad (3.3.8)$$

Вывод весьма интересен. Для любых функций $\varphi(\cdot)$ мы получаем один и тот же механизм планирования (3.3.8).

Классическим примером функций вида (3.3.7) являются широко известные функции затрат типа Кобба-Дугласа

$$\varphi_i(y_i, r_i) = \frac{1}{\alpha} y_i^\alpha \times r_i^{1-\alpha}, \alpha > 1. (3.3.9)$$

3.4. Линейный механизм стимулирования

В случае линейного механизма стимулирования целевая функция предприятия равна разности стимулов λy_i и затрат $\varphi_i(y_i, r_i)$, то есть

$$f_i(\lambda, y_i) = \lambda y_i - \varphi_i(y_i, r_i) \quad (3.4.1).$$

При гипотезе слабого влияния анализ механизма стимулирования аналогичен анализу механизма платы за риск.

Для того, чтобы убедиться в этом, достаточно сравнить целевые функции (3.3.2) и (3.4.1). Поэтому и выводы будут аналогичны. А именно, если механизм назначения норматива λ и планируемых уровней безопасности производства для предприятий имеет вид (3.3.4), (3.3.5), то, во-первых, все предприятия при гипотезе слабого влияния сообщают достоверные оценки r_i параметров функций затрат, а во-вторых, полученные плановые значения $y = \{y_i\}$ минимизируют суммарные затраты предприятий. Если функции затрат имеют вид (3.3.7), то имеет место еще один замечательный факт.

Рассмотрим более широкий класс линейных механизмов. А именно, примем, что параметр стимулирования λ_i устанавливается для каждого предприятия, а на является общим для всех. Возникает вопрос, не может ли центр, выбирая индивидуальные нормативы λ_i , уменьшить величину средств, требуемых из Фонда стимулирования, по сравнению с единым нормативом λ для всех предприятий? Ответ на этот вопрос дает следующая теорема.

Теорема 3.1. Механизм (3.3.4), (3.3.5) с единым нормативом λ требует минимальной величины средств из Фонда стимулирования

по сравнению с механизмами, в которых нормативы λ_i индивидуальны для каждого предприятия.

Доказательство. Поскольку в силу условий (3.3.4)

$$\lambda_i = \varphi'_i(y_i, r_i) = \varphi' \left(\frac{y_i}{r_i} \right),$$

то задача минимизации величины средств, то есть минимизации

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i y_i$$

при условии

$$\sum_{i=1}^n y_i \geq Y \quad (3.4.2)$$

эквивалентна задаче минимизации

$$\sum_{i=1}^n y_i \varphi' \left(\frac{y_i}{r_i} \right) = \sum_{i=1}^n r_i \left[\frac{y_i}{r_i} \varphi' \left(\frac{y_i}{r_i} \right) \right] = \sum_{i=1}^n r_i \tilde{\varphi} \left(\frac{y_i}{r_i} \right) \quad (3.4.3)$$

при том же условии (3.4.2).

Однако, как было показано выше, для любых функций затрат вида

$$r_i \varphi \left(\frac{y_i}{r_i} \right), i = 1, \dots, n,$$

оптимальное решение одно и то же

$$y_i = \frac{r_i}{H} Y,$$

где

$$H = \sum_{i=1}^n r_i.$$

Следовательно, в оптимальном решении

$$\lambda_i = \varphi' \left(\frac{y_i}{r_i} \right) = \varphi' \left(\frac{Y}{H} \right), i = 1, \dots, n,$$

то есть одинаковы для всех i .

3.5. Механизм компенсации затрат на снижение риска

По-прежнему принимаем, что каждое предприятие сообщает Центру оценку s_i параметра r_i , функции затрат $\varphi_i(y_i, r_i)$ и тем самым оценку

$$\tilde{\varphi}_i(y_i) = \varphi_i(y_i, s_i)$$

функции затрат. На основе этой информации Центр решает задачу минимизации суммарных затрат

$$\Phi = \sum_{i=1}^n \varphi_i(y_i, s_i) \quad (3.5.1)$$

при условии

$$\sum_{i=1}^n y_i \geq Y. \quad (3.5.2)$$

В качестве целевой функции предприятия примем разность получаемых средств $\varphi_i(y_i, s_i)$ и фактически потраченных $\varphi_i(y_i, r_i)$, то есть

$$f_i(y_i, s_i, r_i) = \varphi_i(y_i, s_i) - \varphi_i(y_i, r_i). \quad (3.5.3)$$

Проведем исследование механизма компенсации для функций затрат вида $\varphi_i = r_i \varphi\left(\frac{y_i}{r_i}\right)$ и гипотезе слабого влияния. Учитывая, что в оптимальном решении

$$y_i = \frac{s_i}{S} Y, i = 1, \dots, n,$$

получаем условия оптимальности

$$\varphi\left(\frac{Y}{S}\right) = \frac{Y}{S} \varphi'\left(\frac{s_i}{r_i} \times \frac{Y}{S}\right)$$

или

$$\frac{s_i}{r_i} \times \frac{Y}{S} = \xi \left[\frac{S}{Y} \times \varphi\left(\frac{Y}{S}\right) \right]. \quad (3.5.4)$$

Из (3.5.4) получаем

$$s_i = r_i \times \frac{S}{Y} \xi \left[\frac{S}{Y} \times \varphi \left(\frac{Y}{S} \right) \right], i = 1, \dots, n. \quad (3.5.5)$$

Суммируя (3.5.5) по всем предприятиям, получаем

$$S \varphi \left(\frac{Y}{S} \right) = Y \varphi' \left(\frac{Y}{H} \right). \quad (3.5.6)$$

Левая часть этого равенства равна сумме средств, выплачиваемых предприятиям при механизме компенсации, а правая, как легко убедиться, равна сумме средств, выплачиваемых предприятиям при механизме стимулирования. Таким образом, мы получили весьма важный вывод.

Теорема 3.2. Механизм компенсации эквивалентен механизму стимулирования в том смысле, что в обоих случаях Центр выплачивает предприятиям одну и ту же сумму средств.

Из (3.5.5) и (3.5.6) получаем

$$s_i = r_i \times \frac{S}{H}, i = 1, \dots, n. \quad (3.5.7)$$

Пример 3.3. Пусть $\varphi = z^\alpha$. В этом случае уравнение (3.5.6) принимает вид

$$S \left(\frac{Y}{S} \right)^\alpha = \alpha Y \left(\frac{Y}{H} \right)^{\alpha-1},$$

решая которое относительно S , получаем

$$S = H \left(\frac{1}{\alpha} \right)^{\frac{1}{\alpha-1}} = K(\alpha) \times H \quad (3.5.8).$$

Зависимость $K(\alpha)$ показала на рис. 3.1.

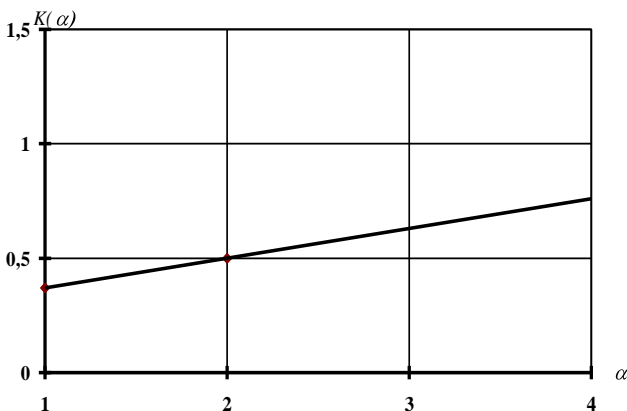


Рис. 3.1.

Заметим, что

$$\lim_{\alpha \rightarrow 0} K(\alpha) = \frac{1}{e}$$

$$\lim_{\alpha \rightarrow \infty} K(\alpha) = 1.$$

3.6. Конкурсные механизмы

Конкурсные механизмы относятся к механизмам централизованного финансирования мероприятий по росту уровня промышленной безопасности (финансирование осуществляется из бюджетных или внебюджетных фондов). Фактически – это механизмы компенсации особого вида. Каждая организация, эксплуатирующая опасные объекты, подает заявку (проект), содержащую оценку s_i требуемого объекта финансирования, и оценку ℓ_i эффекта, под которым понимается рост уровня промышленной безопасности.

Следует отметить, что современный подход к управлению уровнем промышленной безопасности основан на том, что предъявляются определенные нормативные требования к уровню систем управления промышленной безопасностью (СУПБ) и осуществляется контроль за соответствием уровня СУПБ этим требованиям. В этом случае под оценкой эффекта понимается рост уровня СУПБ

организации. На основе оценок s_i и ℓ_i определяются победители конкурса, которые и получают требуемое финансирование.

Рассмотрим три вида конкурсов.

3.6.1. Простой конкурс

Определяется эффективность каждого проекта

$$q_i = \frac{\ell_i}{s_i}.$$

Затем все проекты упорядочиваются по эффективности. Финансирование осуществляется в очередности убывания эффективностей, пока хватает средств. Достоинством простого конкурса действительно является простота применения. Недостатком – снижение эффекта за счет завышения предприятиями оценок затрат.

Введем понятие эффективности конкурсного механизма. Для этого обозначим через r_i объективную величину средств, которая требуется для успешной реализации i -го проекта.

Рассмотрим следующую задачу: определить множество проектов Q , максимизирующих

$$L(Q) = \sum_{i \in Q} \ell_i \quad (3.6.1)$$

при ограничении

$$\sum_{i \in Q} r_i \leq R \quad (3.6.2),$$

где R – величина централизованных средств.

Обозначим:

$L_m(r)$ – значение (3.6.1) в оптимальном решении этой задачи,

$L_n(r)$ – суммарный эффект от финансируемых проектов в результате простого конкурса.

Тогда отношение

$$K(r) = \frac{L_n(r)}{L_m(r)} \quad (3.6.3)$$

характеризует эффективность конкурсного механизма (заметим, что $0 \leq K(r) \leq 1$). Поскольку значения r_i не известны, то можно определить гарантированную эффективность, взяв минимум по всевозможным значениям $\{r\}$.

$$K = K(\Omega) = \min_{r \in R} K(r) \quad (3.6.4),$$

где Ω – область возможных значений r .

Покажем, что эффективность простого конкурса может быть сколь угодно малой.

Пример 3.4. Пусть имеются два проекта с оценками:

$$r_1 = \varepsilon, \ell_1 = 2\varepsilon, r_2 = 100, \ell_2 = 100,$$

где $\varepsilon > 0$ – малое число. Величина централизованных средств равна: $R=100$. Имеем: $q_1 = 2, q_2 = 2$. Поэтому победителем конкурса будет **первое** предприятие. Но если первому проекту дать финансирование ε , на второй проект денег не хватит. Поэтому $L_n = 2\varepsilon$. В то же время $L_m = 100$, как легко видеть, и эффективность конкурса

$$K(r) = \frac{2\varepsilon}{100} = 0,02\varepsilon$$

и может быть сколь угодно малой.

3.6.2. Прямой конкурс

Множество победителей определяется в результате прямого решения задачи на максимум суммарного эффекта (3.6.1) при ограничении (3.6.5)

$$\sum_{i \in Q} s_i \leq R \quad (3.6.5).$$

Примем далее, что каждое предприятие представляет на конкурс только один проект.

Теорема 3.3. Эффективность прямого конкурса **не менее 0,5**.

Доказательство. Пусть Q – множество победителей прямого конкурса. Очевидно, что предприятия, проекты которых не вошли в число победителей, будут сообщать объективные оценки r_i в надежде попасть в число победителей (меньше r_i сообщать не целесообразно, поскольку r_i определяет минимальный объем финансирования, необходимый для успешной реализации проекта). Обозначим через P множество предприятий, не вошедших в число победителей, и рассмотрим следующую задачу: определить $Q_1 \subset P$, максимизирующее

$$L_1 = \sum_{i \in P_1} \ell_i$$

при ограничении (3.6.2).

Очевидно, что $L_1 \leq L_{\text{пр}}$, где $L_{\text{пр}}$ – значение $L(Q)$ в оптимальном решении задачи (3.6.1), (3.6.2). Заметим также, что $L_m(r) \leq L_{\text{пр}}(r) + L_1(r)$.

Имеем

$$K(r) = \frac{L_{\text{пр}}(r)}{L_m(r)} \geq \frac{L_{\text{пр}}(r)}{L_{\text{пр}}(r) + L_1(r)} \geq \frac{L_{\text{пр}}(r)}{2L_{\text{пр}}(r)} = \frac{1}{2}.$$

Полученная оценка является точной, что показывает следующий пример.

Пример 3.5. Имеются два проекта с оценками:

$$l_1 = 100 + \varepsilon, r_1 = 50, l_2 = 100, r_2 = 50, \varepsilon > 0 \text{ – малое число.}$$

Величина централизованного фонда $R=100$. Очевидно, что первое предприятие сообщает оценку $s_1 = 100$ (то есть завысит затраты в два раза) и получит финансирование на свой проект. Величина $L_m(r) = 200 + \varepsilon$, так как при объективных оценках затрат могут финансироваться оба проекта. Имеем

$$K(r) = \frac{100 + \varepsilon}{200 + \varepsilon} = \frac{1}{2} + \frac{\varepsilon}{200 + \varepsilon},$$

то есть эффективность конкурса может быть сколь угодно близка к 0,5.

3.6.3. Двухэтапный конкурс

Конкурс проводится в два этапа (тура). На первом этапе определяется **оптимальное решение задачи** (3.6.1), (3.6.5) (обозначим его через $L_m(s)$), а также множество решений Q_k этой задачи, таких, что величина суммарного эффекта

$$L(Q_k) = \sum_{i \in Q_k} l_i$$

отличается от $L_m(s)$ не более, чем на заранее выбранную величину $\delta > 0$, то есть

$$L(Q_k) \geq L_m(s) - \delta. \quad (3.6.6)$$

На втором этапе среди этих решений выбирается решение с минимальными суммарными затратами

$$S(Q_k) = \sum_{i \in Q_k} S_i.$$

Пример 3.6. Рассмотрим ситуацию из примера 3.5. для случая двухэтапного конкурса. Если взять $\delta > \varepsilon$, то на первом этапе будут два решения: либо финансируется первый проект, либо второй. Но

на втором этапе уверенно выигрывает второй проект, поскольку его оценка затрат меньше. Первое предприятие, чтобы не проиграть, вынуждено снижать оценку до $s_1 = 50$. Однако при этом возможно финансирование обоих проектов, и эффективность конкурса становится **равной 1**.

Недостатком двухэтапного конкурса по сравнению с прямым является возможность получить эффективность **меньше, чем 0,5**. Это произойдет в случае, если $l_1 > l_2$, $\delta > l_1 - l_2$, $r_1 + r_2 = R$, $r_1 > r_2$. Действительно, в этом случае при сообщении оценок $s_2 = r_1 - \varepsilon$ (ε - малое число), $r_1 \leq s_i \leq R$, в первом туре победителями становятся **и первый, и второй проекты**. Однако во втором туре побеждает второй проект.

Поскольку $L_m = l_1 + l_2$, то эффективность конкурса

$$K(r) = \frac{l_2}{l_1 + l_2} < \frac{1}{2}.$$

Таким образом, построение эффективной процедуры организации конкурса является непростой задачей. Существуют ли конкурсные механизмы с гарантированной оценкой эффективности **более 0,5**? На этот вопрос ответа пока нет.

4. ПРИМЕНЕНИЕ ИГРОВОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКОНОМИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ

4.1. Имитационное моделирование – метод экспериментального исследования

Экспериментальный метод исследований в таких науках как физика, химия, биология широко известен. К настоящему времени в этих науках уже накоплен огромный опыт по организации экспериментов. В распоряжении экспериментаторов имеются тщательно разработанные и прошедшие проверку на практике принципы планирования эксперимента и методы обработки результатов эксперимента. В области управления сложными организационными системами, к которым и относятся вопросы разработки экономических механизмов обеспечения безопасности от природных и техногенных катастроф, подобного опыта применения экспериментов не существует, хотя проведение различных учений и тренировок персонала для приобретения навыков работы в новых условиях практикуется уже довольно давно.

В первую очередь, сюда можно отнести всевозможные военные учения и маневры [45]. Для их проведения создавались соответствующие ситуации, которые в той или иной степени отражали будущую боевую обстановку. В этих искусственно созданных ситуациях участники учений и маневров осваивали приемы боя, приобретали опыт ведения боевых действий.

Аналогичным путем шло развитие аварийных игр [46,47], в которых участники отрабатывали свои действия в случае возникновения нештатных ситуаций на промышленных предприятиях.

Следующим шагом в развитии игрового моделирования в военной области стала организация и проведение штабных учений. При организации штабных учений или штабных игр широко при-

менялись модели, разработанные с помощью карт и планов, которые являются удобным средством моделирования. Таким образом, военные игры, с одной стороны, предназначены для обучения военнослужащих оперативному реагированию на внезапно возникающие и быстро меняющиеся ситуации, а с другой стороны, для приобретения навыков разработки и реализации крупномасштабных операций.

Расширение области применения военных игр, в конечном счете, привело к тому, что военная проблематика стала захватывать и чисто экономические вопросы. Так, в 1955 году сотрудниками американской фирмы «Ренд корпорейшен» была разработана первая игра с применением ЭВМ. Цель игры заключалась в ознакомлении и обучении офицеров службы материально-технического обеспечения американского военно-воздушного флота вопросам управления снабжением запасными частями военно-воздушных баз США.

В 1956 г. представители American Management Association (АМА) изучили опыт военных игр и разработали имитационную игру, моделирующую процесс принятия решений высшим руководством фирмы [48].

Бурное развитие вычислительной техники, а особенно, средств моделирования, привело к тому, что применение игровых математических моделей для решения стратегических, экономических, финансовых и других задач получило широкое распространение.

Эффективным средством проверки свойств экономических механизмов является метод деловых имитационных игр [49, 50].

Применение игрового имитационного моделирования при разработке экономических механизмов обеспечения безопасности позволяет осуществлять экспериментальную проверку теоретических результатов и практических предложений по созданию новых экономических механизмов и для совершенствования существующих экономических регуляторов. Кроме того, игровой подход позволяет практическим работникам получить определенное представление о новых экономических механизмах и приобрести некоторый опыт их применения. Следовательно, игровое имитационное моделирование можно рассматривать и как метод экспериментального исследования и как инструмент для обучения.

При проведении имитационной игры исследуется функционирование организационной системы в течение определенного периода времени. В игровой интерпретации отдельный период функционирования организационной системы рассматривается как одна партия, при этом предполагается, что механизм функционирования определен и не меняется при переходе от одного периода функционирования к другому.

При проведении имитационных игр, функции активных элементов, связанные с принятием решений выполняют игроки. Каждая партия имитационной игры, как и большинство игр, связанных с анализом экономических механизмов проводится в три этапа.

- Этап сбора данных.
- Этап планирования.
- Этап реализации.

На этапе сбора данных ведущему игры сообщается запрашиваемая информация, на этапе планирования на основе полученной информации формируется управленческое решение и, наконец, на этапе реализации определяется значение целевых функций игроков (выигрыш).

Отметим здесь важное направление, связанное с применением имитационных игр, как в исследовательских целях, так и в целях обучения. Это игры с участием автоматов (*artificial players or robots*). В таких играх часть участников игры заменяются автоматами (под автоматом понимается специальная программа, в которой реализован алгоритм гипотезы поведения лица, принимающего решения) с формализованными процедурами принятия решений. Можно утверждать, что замена реального игрока на искусственного представляет собой попытку построить модель поведения человека. Эта модель включает в себя основные параметры, характеризующие индивидов, и, прежде всего, мотивы экономической активности, ее цели и средства достижения этих целей.

Естественно, что имитация многообразия человеческой личности, ее неповторимой индивидуальности, разнообразных мотивов ее деятельности – задача в полном объеме практически неразрешима. Однако, в данном случае проблема значительно упрощается, так как формализуется главным образом то, что объясняет экономическое поведение людей в различных хозяйственных ситуациях.

По мнению авторов [51], среди многочисленных подходов к моделированию экономического поведения человека условно можно выделить несколько основных направлений. В первом направлении экономическое поведение людей в рамках модели «человека экономического» или «homo economicus» предполагает использование постулата о рациональном поведении человека. В его основе лежит стремление индивидуума получить максимальный результат при минимальных затратах в условиях ограниченности используемых возможностей и ресурсов. Модели человека, в рамках второго направления включают в себя стремление не только к материальным благам, но и определенные элементы психологического характера – милосердие, цели, связанные с традициями, соображениями престижа, использованием свободного времени и т.д. Для третьего направления характерно изменение мотивации деятельности в направлении возрастания значения тех или иных составляющих, которые обеспечивают реализацию не столько материальных, сколько духовных потребностей личности.

Анализируя перечисленные направления моделирования экономического поведения человека авторы [51] заключают, что стремление человека минимизировать свои затраты и максимизировать выгоду явно просматривается во всех подходах к моделированию человеческой деятельности. Отсюда они делают вывод, что принцип рационального экономического поведения является универсальным экономическим принципом при моделировании «человека экономического». И именно этот принцип положен в основу формальных моделей процедур принятия решений в алгоритмах поведения автоматов.

Необходимость проведения игр с автоматами проявляется в тех случаях, когда необходимо провести исследование функционирования организационной системы с большим числом элементов (проведение соответствующей игры с большим числом участников нереально).

Игры с автоматами весьма близки к имитационному моделированию. В предельном случае, когда все участники заменены автоматами, то в результате получается игра автоматов, что соответствует имитационной модели организации. Такие игры применяются в случаях, когда необходимо провести значительное число партий для исследования динамики игры или для получения стати-

стически значимой оценки результатов. Это связано с тем, что «быстродействие» имитационной игры принципиально ограничено временем принятия решения человеком (порядка одной минуты в простейших играх). И именно время принятия решения человеком ограничивает и продолжительность одной партии (2-3 минуты в простейших играх). Игры автоматов позволяют сократить продолжительность одной партии до долей секунды.

Автоматы, используемые в игровых моделях для анализа функционирования активных систем, программируются на основании некоторых гипотез о поведении людей в моделируемой ситуации. Сами гипотезы формируются на основе анализа стратегий реальных игроков в имитационной игре и эти гипотезы можно, в свою очередь, проверить при проведении имитационной игры.

Алгоритм выбора решений автоматом, который используется во многих имитационных играх, основывается на аксиоме индикаторного поведения [52].

Если считать, что в каждой партии выбор s_i i -м игроком определяет его движение в сторону его цели, то процедура, реализующая аксиому индикаторного поведения, может быть представлена в виде

$$s_i^{k+1} = s_i^k + \gamma_i^k (s_i^k - s_i^k) \quad (4.1.1)$$

$$\gamma_i^k \in [0, 1]$$

где s_i^{k+1} – состояние i -го автомата в $k+1$ -й партии игры, \tilde{s}_i^k – положение цели i -го автомата в k -й партии. Другими словами, это то состояние, которое обеспечивает i -му автомату максимальное или минимальное значение его целевой функции в k -й партии игры. Значение γ_i^k определяет величину шага в сторону цели. Конкретное значение γ_i^k может зависеть от времени, текущего состояния и некоторых других факторов, внешних по отношению к модели. В играх, где используются автоматы с индикаторным поведением, настройка автоматов заключается в выборе процедуры изменения γ_i^k от партии к партии. Но основная сложность при реализации алгоритма индикаторного поведения заключается в определении положения цели \tilde{s}_i^k . Это связано с тем, что в общем случае при проведении игры отдельный участник не имеет точной информации о поведении каждого из остальных игроков. Однако, во многих

случаях каждый игрок, опираясь на собственную информацию, сообщенную в Центр, знание закона управления и полученный выигрыш может восстановить агрегат стратегий своих соперников по игре.

Ниже приводится описание игровых экспериментов и результаты, полученные при проведении имитационных игр.

4.2. Имитационная игра по оценке эффективности линейного механизма платы за риск

В игре предполагается что затраты i -го предприятия на достижение уровня безопасности y_i равны

$$\varphi_i = \frac{y_i^2}{2r_i}. \quad (4.2.1)$$

Если i -му предприятию установлен уровень безопасности y_i , то затраты этого предприятия на достижение уровня безопасности y_i и плата за риск, равный $(1-y_i)$ равны

$$z_i = \lambda (1 - y_i) \frac{y_i^2}{2r_i}. \quad (4.2.2)$$

Естественно предположить, что каждое предприятие стремится сократить эти затраты. Поэтому, целевой функцией игроков является функция (4.2.2).

На этапе сбора данных каждый игрок сообщает ведущему игры (в Центр) информацию, необходимую для формирования уровня безопасности. Как было сказано выше, Центру известен только отрезок возможных значений параметра $r_i \in [d_i, D_i]$, $i=1, \dots, n$. Поэтому игроки, зная процедуру формирования плановых уровней безопасности y_i и норматива λ , сообщают в центр такие значения оценки s_i параметра r_i , позволяющие, по их мнению, уменьшить им значение своей целевой функции.

На этапе планирования ведущий, в соответствии с выражениями (3.3.4) и (3.3.5), определяет значения плановых уровней безопасности y_i и норматива λ

$$\lambda = \frac{Y}{\sum_{i=1}^n s_i} \quad (4.2.3)$$

$$y_i = \lambda s_i, i = 1, 2, \dots, n.$$

И, наконец, на этапе реализации игроки подсчитывают значения своих целевых функций.

На этом партия игры завершается, и игроки переходят к следующей партии, то есть опять сообщают ведущему необходимую информацию, ведущий формирует плановые уровни безопасности и значения норматива λ , и игроки подсчитывают значения своих целевых функций и т.д.

Игра заканчивается, когда стратегии игроков сходятся в некоторые равновесные ситуации (в частности ситуация равновесия по Нэшу [41]). По стратегиям игроков в равновесной ситуации можно судить об эффективности исследуемого экономического механизма. Победителем считается тот игрок, у которого суммарное значение целевой функции за все партии игры оказалось наименьшим.

В приведенных ниже результатах игрового эксперимента участвовали четверо игроков-автоматов ($n=4$). Региональный уровень безопасности в игре был равен 3 ($Y=3$). Значения параметров r были соответственно равны ($r_1=1,5, r_2=1,5, r_3=2,5, r_4=2,5$). Оценка s параметра r , сообщаемая игроками ведущему игры (в Центр), находилась в пределах $s \in [0,4; 4]$. Автоматы формировали свою информацию для Центра в соответствии с процедурой (4.1.1).

Значения коэффициентов γ были соответственно равны ($\gamma_1=0,3, \gamma_2=0,5, \gamma_3=0,2, \gamma_4=0,4$), а положение цели i -го автомата в k -й партии определялось выражением

$$\tilde{s}_i^k = \frac{\sigma_i^k r_i (Y + Y)}{r_i Y + \sigma_i^k Y - r_i}, \quad (4.2.4)$$

$$\text{где } \sigma_i^k = \sum_{j=1}^n s_j^k - s_i^k.$$

Стратегия игроков, представлена на графике, изображенном на рис. 4.1.

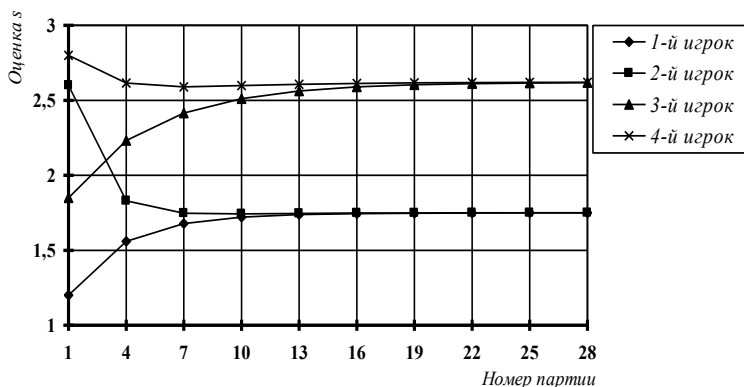


Рис. 4.1.

Из приведенного графика следует, что фактически за девятнадцать партий стратегии автоматов сошлись в равновесную ситуацию и $s_1^* = s_2^* = 1,75$, а $s_3^* = s_4^* = 2,62$, в то время как теоретический расчет значений оценок s_i , $i=1,2,3,4$ в ситуации равновесия, при выполнении гипотезы слабого влияния, показывал совпадение оценок s_i^* с истинными значениями r_i . Таким образом, расхождение равновесных значений s_i^* и истинных значений r_i составило для первых двух автоматов 14,3% и 4,6% для других двух автоматов.

На рис. 4.2 приведен график изменения норматива λ .

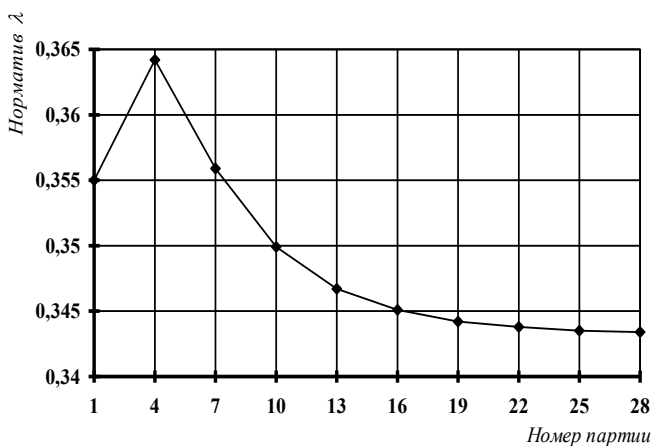


Рис. 4.2.

Из этого графика следует, что в ситуации равновесия норматив λ принимает минимальное значение равное 0,343, в то время как теоретически рассчитанное значение норматива $\lambda = 0,375$.

На рис. 4.3 приведены графики изменения затрат игроков на достижение заданного уровня безопасности и плату за риск. А на рис. 4.4 изображен график изменения суммарных затрат на достижение в регионе уровня безопасности $Y=3$ и плату за риск.

Из приведенных графиков следует, что в ситуации равновесия суммарные затраты на достижение заданного уровня безопасности и плату за риск всех игроков и каждого игрока в отдельности принимают минимальные значения.

Степень влияния числа участников игрового эксперимента на его результаты, или другими словами эффект гипотезы слабого

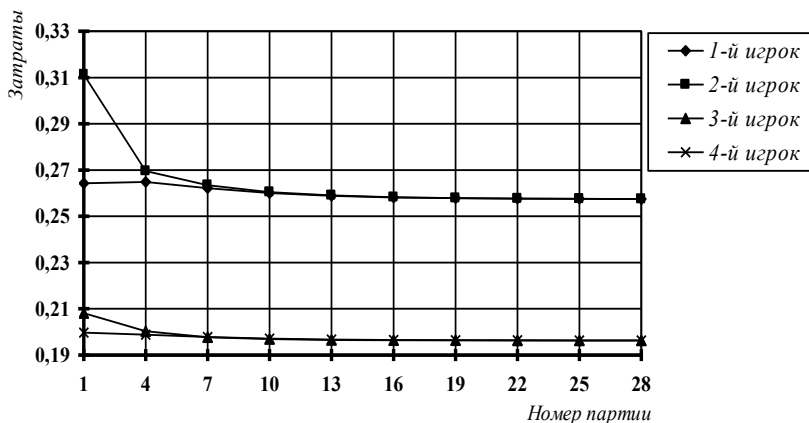


Рис. 4.3.

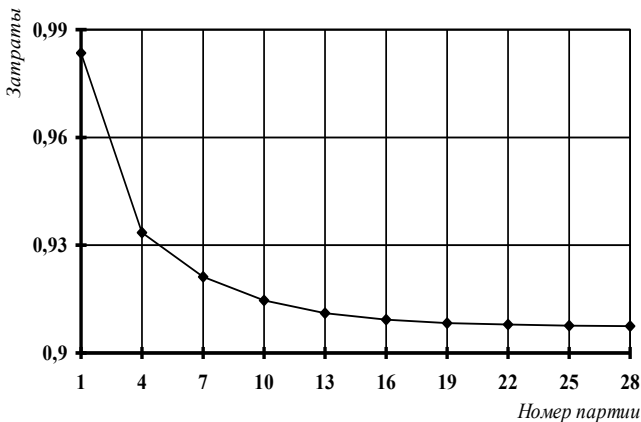


Рис. 4.4.

влияния, может быть оценен результатами другого игрового эксперимента, в котором принимали участие восемь игроков ($n=8$). Региональный уровень безопасности в игре был равен 6 ($Y=6$). Здесь нетрудно заметить, что уровень безопасности $Y=3$ для четырех предприятий региона в точности соответствует уровню безопасности $Y=6$ для восьми предприятий региона. Действительно, для случая четырех предприятий региона максимальный уровень безопасности равен 4, и уровень безопасности $Y=3$ соответствует 75% от максимально возможного уровня безопасности. Соответственно, при максимальном уровне безопасности равном 8, уровень безопасности $Y=6$ соответствует тем же самым 75% от максимально возможного уровня безопасности.

Значения параметров r в новом эксперименте были соответственно равны ($r_1=1,5$, $r_2=1,5$, $r_3=2,5$, $r_4=2,5$, $r_5=1,5$, $r_6=1,5$, $r_7=2,5$, $r_8=2,5$), а значения коэффициентов ($\gamma_1=0,3$, $\gamma_2=0,5$, $\gamma_3=0,2$, $\gamma_4=0,4$, $\gamma_5=0,3$, $\gamma_6=0,5$, $\gamma_7=0,2$, $\gamma_8=0,4$).

Стратегия восьми автоматов, представлена на графике, изображенном на рис. 4.5.

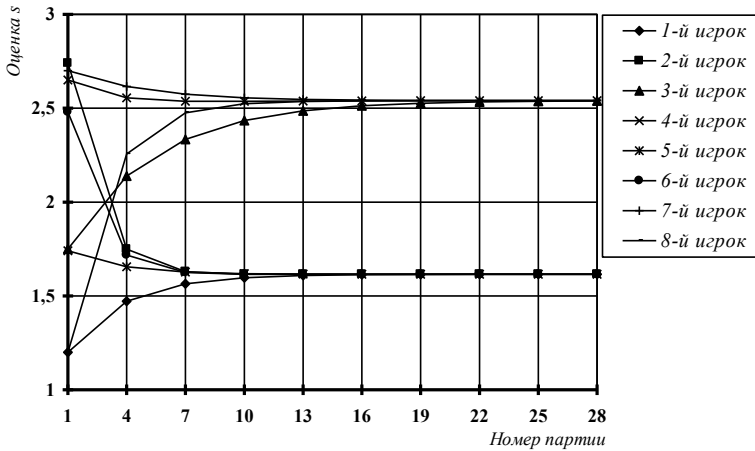


Рис. 4.5.

Из приведенного графика следует, что стратегии автоматов сошлись в равновесную ситуацию и $s_1^* = s_2^* = s_5^* = s_6^* = 1,62$, а $s_3^* = s_4^* = s_7^* = s_8^* = 2,54$. В этом случае, расхождение равновесных значений s_i^* и истинных значений r_i составило для первого, второго, пятого и шестого автомата 8% и 1,6% для остальных автоматов.

Для случая $r_1 = r_2 = \dots = r_n = r$ несложно получить значения равновесных оценок s_i^* . Действительно, дифференцируя (4.2.2) по s_i , получаем

$$\frac{\partial z_i}{\partial s_i} = \frac{\partial \lambda}{\partial s_i} \left(-y_i \right) - \lambda \frac{\partial y_i}{\partial s_i} + \frac{y_i}{r_i} \frac{\partial y_i}{\partial s_i} = 0,$$

или

$$-\left(\sum_{j=1}^n s_j - s_i Y \right) - \left(\sum_{j=1}^n s_j - s_i \right) Y + \frac{s_i}{r_i} \left(\sum_{j=1}^n s_j - s_i \right) Y = 0. \quad (4.2.5)$$

Так как $r_1 = r_2 = \dots = r_n = r$, то можно предположить, что $s_1^* = s_2^* = \dots = s_n^* = s^*$, тогда (4.2.5) можно записать в виде

$$rY + s(n-1)Y - r = (n-1)r + (n-1)rY,$$

а отсюда следует

$$s^* = \frac{(n-2)Y + n}{(n-1)Y} r. \quad (4.2.6)$$

Отклонение равновесного значения s^* от истинного значения r составляет

$$\eta = \frac{|s^* - r|}{r} 100\% = \frac{|n - Y|}{(n-1)Y} 100\% .$$

Таким образом, для $n=4$ и $Y=3$, $\eta=11,11\%$, и, соответственно, для $n = 8$ и $Y = 6$, $\eta = 4,76\%$.

Из (4.2.6) следует, что

$$\lim_{n \rightarrow \infty} s^* = \frac{Y+1}{Y} r .$$

Равновесная оценка s^* с ростом n будет стремиться к истинному значению параметра r , если Y будет возрастать с ростом n . Например, $Y=Y_0n$.

Результаты теоретического исследования модели линейного механизма платы за риск, полученные ранее и приведенные выше результаты игровых экспериментов соответствуют таким исходным данным, когда в ситуации равновесия $\{s_i^*\}$, $i=1, \dots, n$ выполняется условие

$$y_i^* = \frac{s_i^*}{\sum_{j=1}^n s_j^*} Y \leq M_i, \quad i = 1, \dots, n \quad (4.2.7)$$

где M_i максимальный уровень безопасности, который может быть запланирован для i -го объекта. По определению, уровень безопасности i -го объекта y_i не может быть больше 1. В частности, выполнение условия слабого влияния, обеспечивает сообщение достоверной информации лишь в случае справедливости условия

$$y_i^* = \frac{r_i}{\sum_{j=1}^n r_j} Y \leq M_i, \quad i = 1, \dots, n .$$

При проведении игровых экспериментов, если в какой-либо из партий игры для k -го игрока возникла ситуация, что

$$y_k = \frac{s_k}{\sum_{j=1}^n s_j} Y > M_k ,$$

то полагали, что $y_k = M_k$, и между остальными игроками планируемый уровень безопасности определялся в соответствии со следующей процедурой

$$y_i = \frac{Y - M_k}{\sum_{j \neq k} s_j} s_i, \quad i = 1, 2, \dots, k-1, k+1, \dots, n. \quad (4.2.8)$$

В случае, когда условие (4.2.7) не выполняется для k -го игрока, предполагается, что для него выполняется гипотеза благожелательного отношения к центру. То есть, если изменение оценки s_k не приводит к изменению значения целевой функции k -го игрока, то он будет сообщать в центр достоверную информацию. Для всех остальных игроков планируемый уровень безопасности будет определяться в соответствии с процедурой (4.2.8). Предполагая, что число участников игрового эксперимента достаточно велико, что справедлива гипотеза слабого влияния, легко придти к заключению, что в ситуации равновесия все игроки сообщают достоверную информацию.

Однако, при проведении игровых экспериментов с автоматами, не всегда удаются получить точное значение равновесной стратегии. Это вызвано тем, что невозможно точно определить положение цели i -го автомата в k -й партии.

Действительно, зная процедуру формирования планового уровня безопасности (4.2.3) и свой собственный плановый уровень безопасности y_i , i -й игрок может восстановить агрегат оценок σ_i остальных участников игры. Так как

$$y_i = \frac{s_i}{s_i + \sigma_i} Y,$$

то

$$\sigma_i = \frac{Y - y_i}{y_i} s_i.$$

Этот агрегат используется для определения положения цели в соответствии с процедурой (4.2.4).

Однако, при использовании процедуры (4.2.8) получить точное значение σ_i невозможно.

На рис. 4.6. приведены результаты игрового эксперимента для четверых игроков ($n=4$). Региональный уровень безопасности в игре был равен 3 ($Y=3$), ограничения для каждого игрока $M_1=M_2=M_3=M_4=1$. Значения параметров r были соответственно равны ($r_1=1,3$, $r_2=1,3$, $r_3=1,3$, $r_4=2,6$), а значения коэффициентов ($\gamma_1=0,3$, $\gamma_2=0,5$, $\gamma_3=0,2$, $\gamma_4=0,4$). Оценка s параметра r , сообщаемая игроками ведущему игры (в Центр), находилась в пределах $s \in [0,4;4]$.

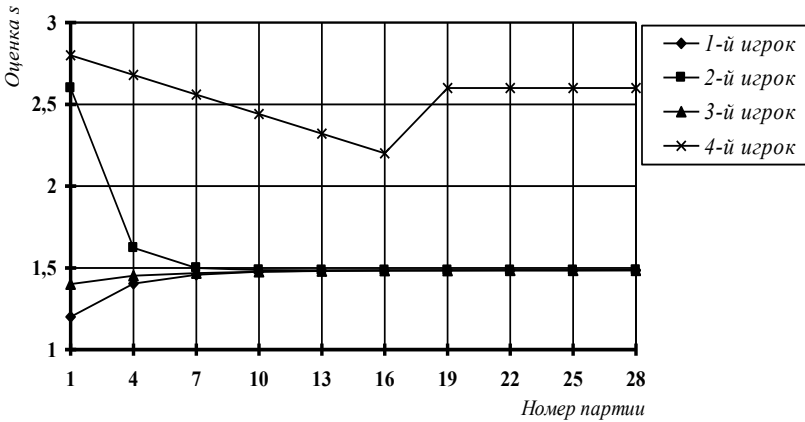


Рис. 4.6.

Из приведенного графика следует, что автоматы сошлись в некоторую равновесную ситуацию $s_1^*=s_2^*=s_3^*=1,49$, $s_4^*=2,6$. Однако, эта равновесная ситуация не является равновесием по Нэшу. Для рассматриваемого примера равновесной ситуацией по Нэшу является $s_1^*=s_2^*=s_3^*=1,38$, $s_4^*=2,6$. Таким образом, расхождение равновесных значений s_i^* и истинных значений r_i составило для первых трех игроков 6,4%, в то время как четвертый игрок сообщал истину. Величина планового уровня безопасности для каждого игрока при этом была равна $y_1^*=y_2^*=y_3^*=2/3$, $y_4^*=1$. Здесь нетрудно заметить, что если все игроки сообщают достоверную информацию в Центр, то должно быть $y_1=y_2=y_3=0,60$, $y_4=1,20$. Однако, по условию $y_4 \leq 1$, и в результате получается $y_1=y_2=y_3=2/3$, $y_4=1$. Однако, следует заметить, что условие $y_i \leq 1$ — это чисто теоретическое условие,

так как оно допускает значение уровня безопасности для отдельного предприятия равным 1 . Хотя на реально работающем предприятии такой уровень безопасности недостижим. Поэтому в дальнейшем, при анализе модели линейного механизма платы за риск, будем полагать, что максимальное значение планируемого уровня безопасности для отдельного предприятия не может превышать величины $M_1 < 1$.

При ограничении на максимальный плановый уровень безопасности, те игроки, для которых не выполняется условие (4.2.7) в ситуации равновесия будут заинтересованы сообщать максимально возможную оценку s . Этот вывод следует из того факта, что с ростом оценки s , для этих игроков планируемый уровень безопасности уже не увеличивается, а норматив λ будет падать, что приведет к снижению платы за риск, и, как следствие, к уменьшению общих затрат игрока.

Результат проведения игрового эксперимента для тех же условий, что и в предыдущем случае, но при ограничении на максимальное значение планируемого уровня безопасности $M_1=0,8$ представлен на рис. 4.7.

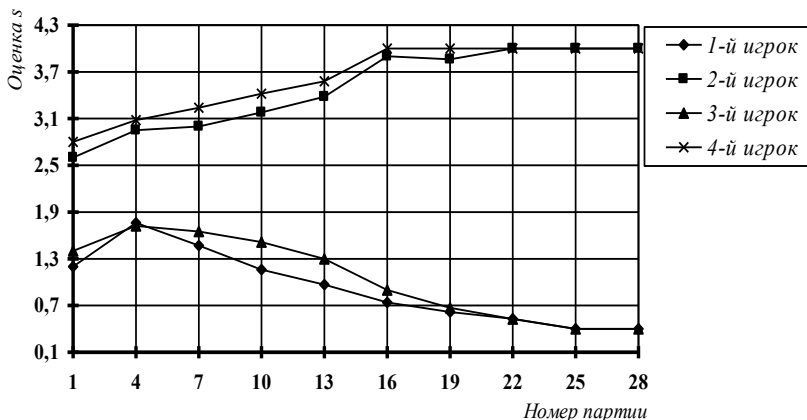


Рис. 4.7.

Здесь следует отметить, тот факт, что, несмотря на одинаковые возможности у первого, второго и третьего игроков в ситуации равновесия один из этих игроков сообщает максимально возмож-

ную оценку D , а два других, сообщают минимально возможную оценку d . Изменение значений целевых функций игроков для этого случая представлено на рис. 4.8.

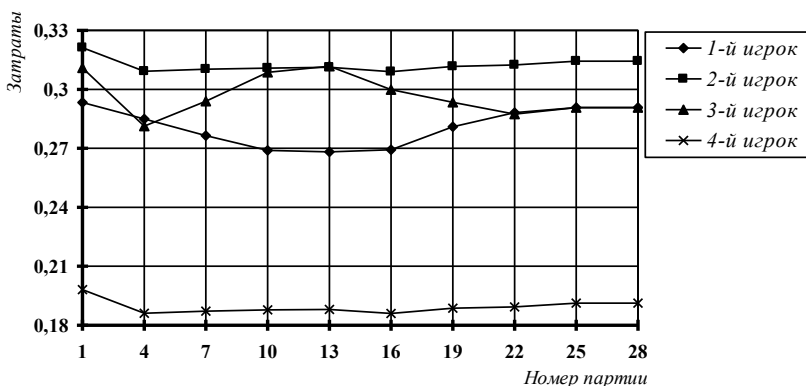


Рис. 4.8.

В ситуации равновесия значения целевых функций игроков равны $z_1=z_3=0,291$, $z_2=0,314$ и $z_4=0,191$. Если бы первые три игрока сообщили оценки $s_1=s_2=s_3=0,4$, а $s_4=4$, то значения целевых функций игроков были бы соответственно равны $z_1=z_2=z_3=0,361$, а $z_4=0,239$. То есть, один из игроков, имеющий такие же условия и возможности, что и остальные игроки, в ситуации равновесия проигрывает им. Сходимость в такую ситуацию равновесия во многом определяется выбором стратегии в первой партии игры.

4.3. Имитационная игра по оценке эффективности линейного механизма стимулирования

Здесь также предполагается, что затраты i -го предприятия на достижение уровня безопасности u_i определяются выражением (4.2.1).

Каждое предприятие стимулируется за обеспечение заданного уровня безопасности. Величина стимулирования равна λu_i . Целевая функция игрока равна разности стимулов и затрат, то есть

$$f_i = \lambda y_i - \frac{y_i^2}{2r_i}. \quad (4.3.1)$$

Норматив λ и уровень безопасности y_i определяются в соответствии с выражением (4.2.3).

Ниже приведены результаты игрового эксперимента, в котором также участвовали четверо игроков ($n=4$), а исходные данные в точности соответствовали данным в вышерассмотренном эксперименте. То есть $Y=3$, $r_1=1,5$, $r_2=1,5$, $r_3=2,5$, $r_4=2,5$, $\gamma_1=0,3$, $\gamma_2=0,5$, $\gamma_3=0,2$, $\gamma_4=0$, $M=1$ и $s_i \in [0,4;4]$.

В процессе игры участники стремятся максимизировать свою целевую функцию. Стратегия игроков для этого варианта игры представлена на графике, изображенном на рис. 4.9.

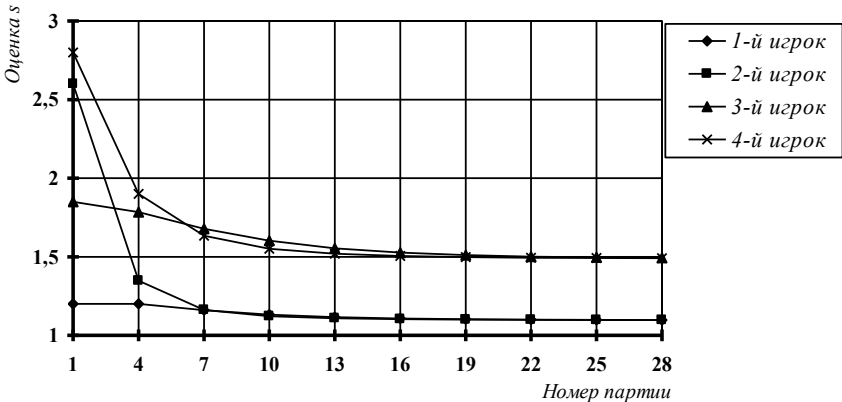


Рис. 4.9.

Из приведенного графика следует, что стратегии игроков сошлись в равновесную ситуацию и $s_1^* = s_2^* = 1,1$, а $s_3^* = s_4^* = 1,49$. Таким образом, расхождение равновесных значений s_i^* и истинных значений r_i составило для первых двух игроков 26,7% и 40,4% для других двух игроков.

График изменения суммарных затрат на стимулирование участников игры приведен на рис. 4.10.

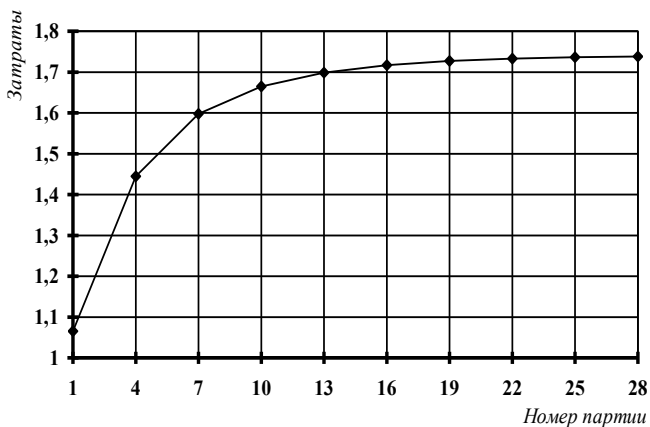


Рис. 4.10.

Степень влияния числа участников игрового эксперимента на его результаты также может быть оценена результатами другого игрового эксперимента с восемью игроками. Здесь, как и в предыдущем случае $Y=6$, $r_1=1,5$, $r_2=1,5$, $r_3=2,5$, $r_4=2,5$, $r_5=1,5$, $r_6=1,5$, $r_7=2,5$, $r_8=2,5$, $\gamma_1=0,3$, $\gamma_2=0,5$, $\gamma_3=0,2$, $\gamma_4=0,4$, $\gamma_5=0,3$, $\gamma_6=0,5$, $\gamma_7=0,2$, $\gamma_8=0,4$.

Изменение стратегии восемью игроками, представлено на графике, изображенном на рис. 4.11.

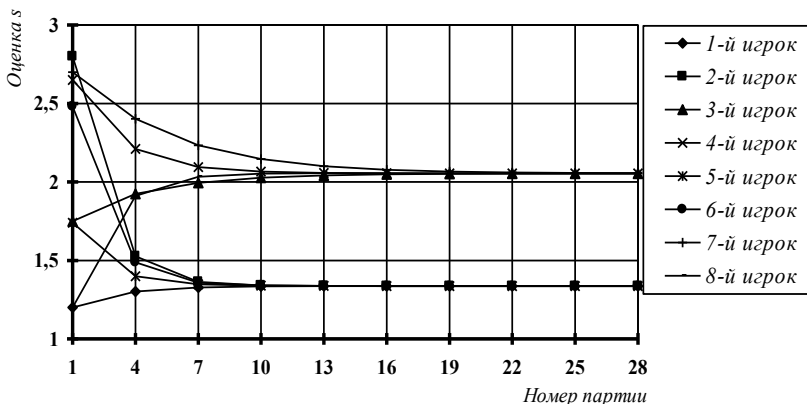


Рис. 4.11.

Из этого графика видно, что стратегии игроков сошлись в равновесную ситуацию и $s_1^* = s_2^* = s_5^* = s_6^* = 1,34$, а $s_3^* = s_4^* = s_7^* = s_8^* = 2,05$. В этом случае, расхождение равновесных значений s_i^* и истинных значений r_i составило для первого, второго, пятого и шестого игроков 10,7% и 18% для остальных игроков. Суммарные затраты на стимулирование участников игры в ситуации равновесия составили 2,65.

При действии линейного механизма стимулирования для случая $r_1 = r_2 = \dots = r_n = r$ получим значения равновесных оценок s_i^* . Для этого продифференцируем (4.3.1) по s_i

$$\frac{\partial f_i}{\partial s_i} = \frac{\partial \lambda}{\partial s_i} y_i + \lambda \frac{\partial y_i}{\partial s_i} - \frac{y_i}{r_i} \frac{\partial y_i}{\partial s_i} = 0,$$

или

$$r_i \left(\sum_{i=1}^n s_i - 2s_i \right) - s_i \left(\sum_{i=1}^n s_i - s_i \right) = 0.$$

Полагая, что $s_1^* = s_2^* = \dots = s_n^* = s^*$, последнее выражение записать в виде

$$r(n-2) = s^*(n-1),$$

или

$$s^* = \frac{n-2}{n-1} r.$$

Отклонение равновесного значения s^* от истинного значения r составляет

$$\eta = \frac{1}{n-1} 100\%.$$

Таким образом, для $n = 4$, $\eta = 33,33\%$, и, соответственно, для $n = 8$, $\eta = 14,29\%$.

Результаты теоретического исследования модели линейного механизма стимулирования и приведенные выше результаты игровых экспериментов соответствуют таким исходным данным, когда в ситуации равновесия $\{s_i^*\}$, $i=1, \dots, n$ выполняется условие (4.2.7).

Рассмотрим теперь результаты игрового эксперимента, когда максимальное значение планируемого уровня безопасности для отдельного предприятия ограничено величиной $M_i=0,8$. Пусть, как и в примере, рассмотренном при анализе линейного механизма платы за риск $n=4$, $Y=3$, $r_1=1,5$, $r_2=1,5$, $r_3=2,5$, $r_4=2,5$, $\gamma_1=0,3$,

$\gamma_2=0,5, \gamma_3=0,2, \gamma_4=0,4, s \in [0,4;4]$. При этих данных условие (4.2.7) не выполняется. График изменения стратегий игроками, представлен на рис. 4.12.

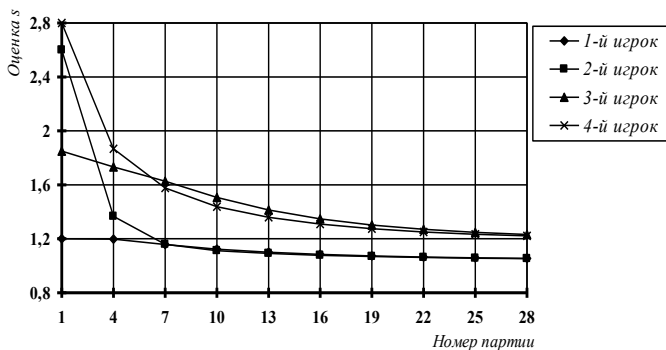


Рис. 4.12.

Из этого графика видно, что по сравнению с вышерассмотренным примером, когда $M_1=M_2=M_3=M_4=1$, игроки в ситуации равновесия сообщают меньшие оценки коэффициента r . Так $s_1^*=s_2^*=1,05$, а $s_3^*=s_4^*=1,23$. То есть, расхождение равновесных значений s_i^* и истинных значений r_i увеличилось и составило для первых двух игроков 30% и 50,8% для других двух игроков.

На рис. 4.13 представлен график изменения суммарных затрат на стимулирование участников игры.

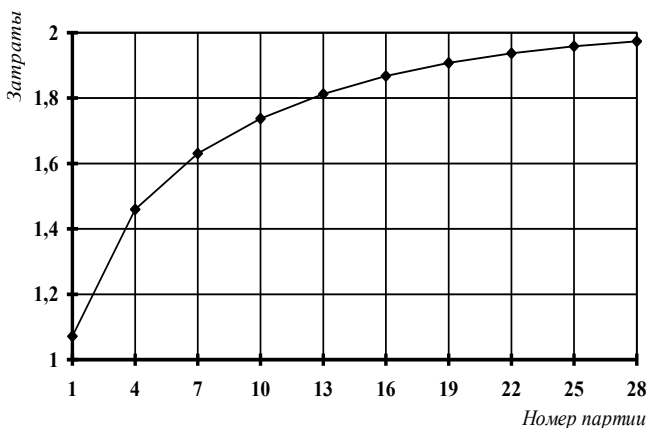


Рис. 4.13.

Из сравнения графиков на рис. 4.10 и рис. 4.13 следует, что при одном и том же уровне безопасности региона суммарные затраты на стимулирование при ограничении на значение планового уровня безопасности для отдельного предприятия в 1,14 раза выше, чем при отсутствии этих ограничений. Таким образом, введение дополнительных ограничений на максимальное значение планового уровня безопасности отдельного предприятия при неизменном уровне безопасности всего региона приводит к большему искажению информации, и, как следствие, к большим суммарным затратам на стимулирование.

4.4. Имитационная игра по оценке эффективности механизма компенсации затрат

В предлагаемой игре, также, как и выше рассмотренных играх предполагается, что затраты i -го предприятия на достижение уровня безопасности y_i определяются выражением (4.2.1). Каждому предприятию компенсируются его затраты на обеспечение заданного уровня безопасности, причем размер компенсации определяется выражением

$$\widehat{\varphi}_i = \frac{y_i^2}{2s_i}. \quad (4.4.1)$$

Целевой функцией предприятия является разность получаемых средств (4.4.1) и фактически затраченных (4.2.1).

$$\psi_i = \widehat{\varphi}_i - \varphi_i = \frac{y_i^2}{2s_i} - \frac{y_i^2}{2r_i} = \frac{y_i^2}{2} \left(\frac{1}{s_i} - \frac{1}{r_i} \right)$$

Здесь приводятся результаты игрового эксперимента, в котором участвовали четверо игроков ($n=4$), а исходные данные такие же как в вышерассмотренных экспериментах. То есть $Y=3$, $r_1=1,5$, $r_2=1,5$, $r_3=2,5$, $r_4=2,5$, $\gamma_1=0,3$, $\gamma_2=0,5$, $\gamma_3=0,2$, $\gamma_4=0,4$ и $s_i \in [0,4;4]$.

Задача участников игры заключается в максимизации разности полученной компенсации и фактически потраченных средств на достижение требуемого уровня безопасности. Стратегии игро-

ков для этого варианта игры представлены на графике, изображенном на рис. 4.14.

Из этого графика следует, что стратегии игроков сошлись в равновесную ситуацию и $s_1^* = s_2^* = 0,55$, а $s_3^* = s_4^* = 0,75$. Теоретическое исследование модели, при выполнении гипотезы слабого влияния показало, что в ситуации равновесия все предприятия сообщают оценку $s_i^* = 1/2r_i$. То есть в два раза завышают оценку величины упущенной выгоды при отвлечении средств на обеспечение требуемого уровня безопасности. Таким образом, расхождение равновесных значений s_i^* и значений теоретически предсказанных равновесных оценок составило для первых двух игроков 6,7% и 10% для других двух игроков. Сумма средств, выплачиваемая предприятиям при механизме компенсации равна 1,73, в то время как сумма средств, выплачиваемая предприятиям при действии механизма стимулирования, как следует из рис. 4.10, равна 1,74.

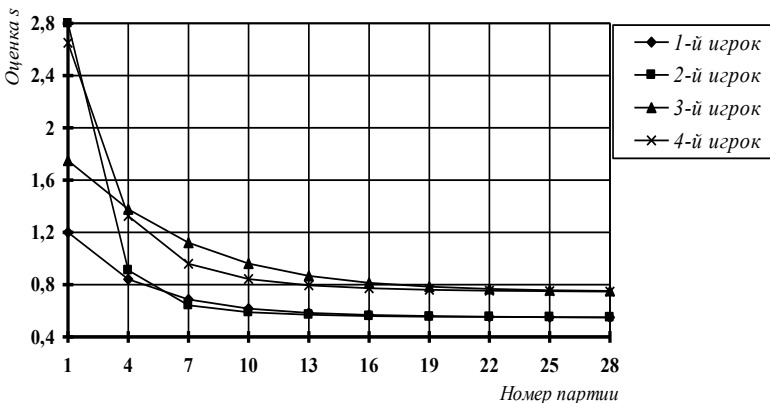


Рис. 4.14.

Поведение аналогичных игровых экспериментов, но только с участием восьми игроков, при условии что $Y=6$, $r_1=1,5$, $r_2=1,5$, $r_3=2,5$, $r_4=2,5$, $r_5=1,5$, $r_6=1,5$, $r_7=2,5$, $r_8=2,5$, $\gamma_1=0,3$, $\gamma_2=0,5$, $\gamma_3=0,2$, $\gamma_4=0,4$, $\gamma_5=0,3$, $\gamma_6=0,5$, $\gamma_7=0,2$, $\gamma_8=0,4$, $s_i \in [0,4;4]$, дали следующие результаты.

Сумма средств, выплачиваемая предприятиям при механизме компенсации равна 2,65, что совпадает с суммой средств, выплачиваемых предприятиям при действии механизма стимулирования.

Стратегии игроков представлены на графике, изображенном на рис. 4.15.

Из графика видно, что стратегии игроков в ситуации равновесия $s_1^*=s_2^*=s_5^*=s_6^*=0,67$, а $s_3^*=s_4^*=s_7^*=s_8^*=1,03$. Расхождение равновесных значений s_i^* и значений теоретически рассчитанных равновесных оценок составило для первого, второго, четвертого и пятого игроков 2,7% и 4,5% для остальных игроков.

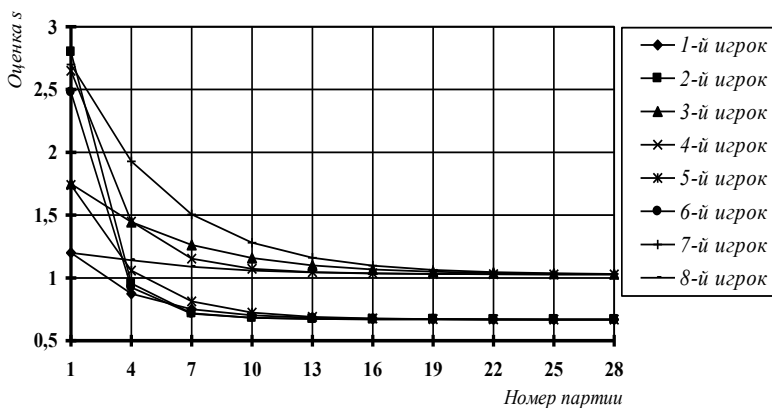


Рис. 4.15.

Интерес также представляют результаты, полученные для случая формирования планового уровня безопасности при наличии ограничений на величину планового уровня отдельного предприятия.

Для случая, когда в игровом эксперименте участвовало четыре автомата, при тех же исходных условиях изменение стратегии их поведения представлено на рис. 4.16.

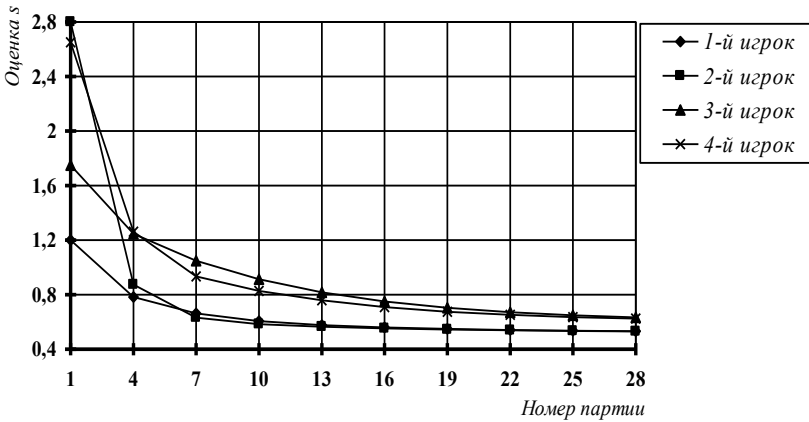


Рис. 4.16.

Отсюда видно, что в равновесной ситуации, стратегии автоматов отличаются от стратегий в аналогичной ситуации при менее жестких ограничений на u_i . Суммарные затраты на компенсацию в этом случае составили 1,94, что превышает аналогичные затраты на 11,5% для предыдущего случая.

На рис. 4.17. представлен график изменения стратегии автоматов, при проведении экспериментов с восемью участниками игры.

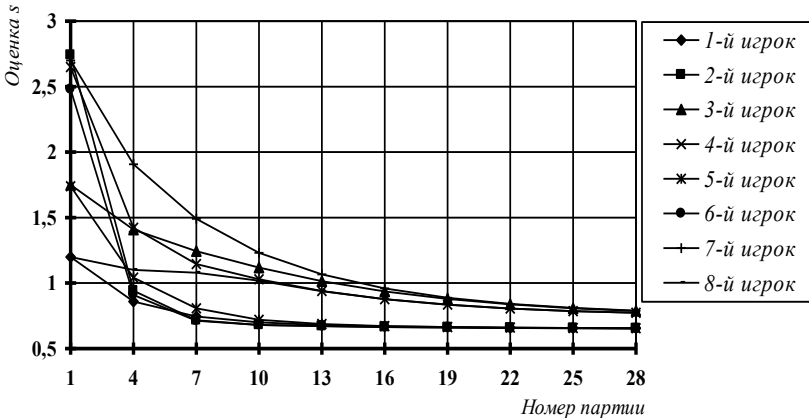


Рис. 4.17.

Ситуация, в которую сошлись автоматы при том же самом положении цели, что и в предыдущем случае характеризуется тем, что сумма компенсации в этом положении составила 3,14. В то время как, при ограничении на величину планового уровня безопасности отдельного предприятия $M=1$ размер компенсации составлял 2,65. То есть рост составил 18,5%.

4.5. Имитационные игры по оценке эффективности механизмов распределения централизованных финансовых средств

Задача финансирования мероприятий для поддержания необходимого уровня безопасности при техногенных и природных катастрофах состоит в распределении общего объема средств между исполнителями на проведение работ по предупреждению ЧС и ликвидацию их последствий. Фактически, эта задача является задачей распределения ресурсов – одной из наиболее распространенных задач в теории и практике управления экономическими системами. Решение этой задачи существенным образом зависит от принципов, заложенных в процедуры распределения финансовых средств.

В имитационных играх по распределению централизованных средств рассматривается функционирование двухуровневой системы, состоящей из Центра (лица, принимающего решение о распределении финансовых средств, для обеспечения заданного уровня безопасности), и элементов системы – предприятий – потенциальных источников ЧС. В распоряжении Центра имеется некоторый объем средств, который распределяется между предприятиями.

Следует отметить, что поддержание допустимого уровня безопасности элементом системы возможно, если он получает объем средств не меньше, чем некоторая величина. Если средств будет получено меньше этой величины, они будут израсходованы, но качество выполненной работы не будет удовлетворять даже самым минимальным требованиям, предъявляемым Центром. Эффект, полученный Центром от средств, направленных на обеспечение заданного уровня безопасности будет фактически нулевым. В дальнейшем, не умаляя общности постановки задачи, будем считать, что каждое предприятие всегда получает такой объем средств,

который позволяет выполнить работу, отвечающую минимальным требованиям Центра. В то же время, очевидно, что получение элементом большого объема финансирования обеспечивает поддержание допустимого уровня безопасности в соответствии с заданными требованиями, однако эффективность использования выделенных средств, при этом уменьшается.

Центр стремится так распределить имеющиеся в его распоряжении финансовые средства, чтобы суммарный эффект, полученный от выполнения всех мероприятий обеспечения безопасности, был бы наибольшим. Величина этого эффекта зависит от того, сколько финансовых средств будет выделено каждому предприятию, насколько эффективно они будут использованы. В то же время, перед элементами системы стоит задача получить финансовые средства в таком объеме, который обеспечил бы ему наиболее благоприятные условия функционирования и как следствие – максимизировал его целевую функцию.

К введенным выше обозначениям добавим следующее:

R – количество финансовых средств, имеющихся в Центре;

x_i – количество финансовых средств, получаемое i -м предприятием;

a_i – коэффициент, характеризующий использование финансовых средств i -м предприятием;

Если i -е предприятие получает финансовые средства в количестве x_i , то эффект их использования будет оцениваться некоторой функцией эффекта $\chi_i(a_i, x_i)$, другими словами, будем считать, что $y_i = \chi_i(a_i, x_i)$. Положим здесь, что

$$\chi_i(a_i, x_i) = \sqrt{a_i x_i}$$

Так как задача Центра заключается в увеличении суммарного эффекта по всем исполнителям то в случае, когда Центру точно известно значение a_i , $i=1, \dots, n$ задача распределения финансовых средств имела бы вид:

$$\sum_{j=1}^n \sqrt{a_j x_j} \xrightarrow{x} \max \quad (4.5.1)$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = R$$

И, соответственно, решение этой задачи

$$x_i = \frac{a_i}{\sum_{j=1}^n a_j} R \quad (4.5.2)$$

Целевую функцию i -го элемента можно представить в виде

$$f_i = x_i - \frac{y_i^2}{2r_i}, \quad (4.5.3)$$

или, для $y_i = \sqrt{a_i x_i}$

$$f_i = x_i - \frac{a_i x_i}{2r_i} = x_i \left(1 - \frac{a_i}{2r_i} \right)$$

Как показано выше, Центр оптимально распределит бы имеющийся у него ресурс, если бы имел точную информацию о значениях коэффициентов a_i , $i=1, \dots, n$. Обычной схемой распределения финансовых средств в условиях неполной информированности Центра является финансирование на основе информации, полученной от элементов. То есть сначала элементы сообщают в Центр заявки на финансирование, то есть оценки s_i значений коэффициентов a_i , а Центр на основе полученных оценок распределяет финансовые средства R решая задачу (4.5.1).

В этом случае, объем финансирования, который получает каждое предприятие, равен

$$x_i = \frac{s_i}{\sum_{j=1}^n s_j} R. \quad (4.5.4)$$

Таким образом, средства между предприятиями распределяются пропорционально значениям s_i . Если принять, что в Центре имеется информация о максимальных значениях D_i коэффициентов a_i , то можно показать, что при пропорциональном распределении финансовых средств, для каждого предприятия имеется абсолютно оптимальная стратегия формирования заявки, а именно $s_i = D_i$, $i=1, \dots, n$. Действительно, на множестве допустимых заявок $0 \leq s_i \leq D_i$, количество финансовых средств $x(s_i)$, выделяемое i -му исполнителю, есть строго монотонная возрастающая функция s_i , $i=1, \dots, n$. В

частности, при максимальной заявке $s_i=D_i$, i -му элементу выделяется количество средств, равное

$$x_i(s_i) = \frac{s_i}{\sum_{j=1}^n s_j} R = \frac{D_i}{\sum_{j=1}^n D_j} R$$

Большую величину заявки элемент сформировать не может в связи с ограничением на максимальное значение коэффициентов a_i а при уменьшении заявки у него уменьшается количество выделяемых финансовых средств. Т.к. целевая функция $f(a_i, x_i)$ каждого предприятия строго монотонно возрастает при увеличении x_i , поэтому $f(r_i, x_i(s_i))$ строго монотонно возрастает при увеличении s_i на интервале $[0; D_i]$. Отсюда следует, что $s_i=D_i$, единственная, абсолютно оптимальная стратегия каждого исполнителя. А ситуация $s_i=D_i$, $i=1, \dots, n$ является равновесной стратегией.

При проведении игрового эксперимента с автоматами положительные цели \tilde{s}_i^k для них формировалось из условия

$$y_i^{k+1} = \sqrt{\tilde{s}_i^k x_i^{k+1}} = M_i.$$

Откуда получали

$$\tilde{s}_i^k = \frac{M_i + \sqrt{M_i^2 + 4RM_i\sigma_i}}{2R}$$

Ниже, на рис. 20 приводятся результаты игрового эксперимента, в котором участвовали четверо игроков-автоматов ($n=4$), а исходные данные такие же, как в вышерассмотренных экспериментах. То есть $r_1=1,5$, $r_2=1,5$, $r_3=2,5$, $r_4=2,5$, $\gamma_1=0,3$, $\gamma_2=0,5$, $\gamma_3=0,2$, $\gamma_4=0,4$. Кроме того, $R=1$, $a_1=2$, $a_2=1,9$, $a_3=1,7$, $a_4=1,4$ и $s_i \in [0,4;4]$.

Задача участников игры заключается в максимизации разности полученной компенсации и фактически потраченных средств на достижение требуемого уровня безопасности. Стратегии игроков для этого варианта игры представлены на графике, изображенном на рис. 4.18.

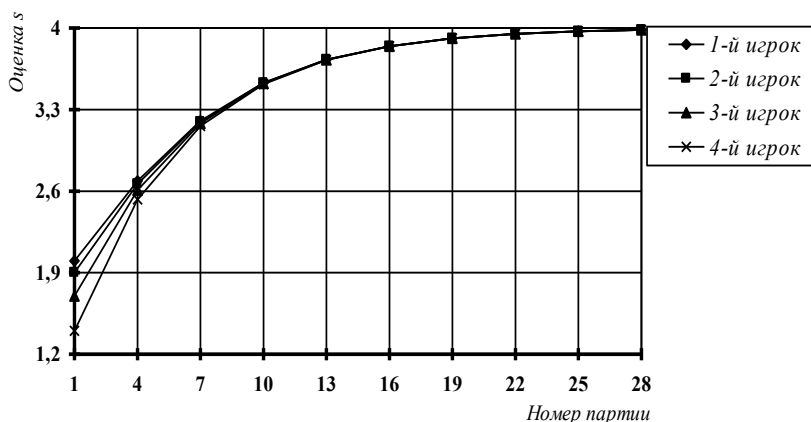


Рис. 4.18.

Соответственно изменение общего уровня безопасности в системе из четырех предприятий представлено на рис. 4.19

Пропорциональное распределение, при нехватке распределяемых средств, всегда ведет к росту заявок. Из (4.5.3) следует, что целевая функция игроков возрастает с ростом получаемого ресурса, поэтому распределяемых средств для них будет не хватать. Это и показал график на рис 4.18. Более того, целевая функция (4.5.3) монотонно возрастает при увеличении x для любого $t \leq \frac{1}{2}$, если $y_i = (a_i x_i)^t$, то есть тенденция завышения оценок в этом случае будет сохраняться.

4.5.1. Принцип обратных приоритетов

В этом варианте модели предприятия делают сразу заявку на необходимые им финансовые ресурсы, поэтому в дальнейшем под s_i будем понимать заявку на финансовые средства. Идея принципа обратных приоритетов [53] заключается в следующем: приоритет предприятия при распределении финансовых средств, тем выше, чем меньший объем средств он заказывает. Другими словами, приоритет предприятия обратно пропорционален его заявке на объем финансирования. Качественно этот принцип распределения можно обосновать на примере двух одинаковых предприятий. Если предприятия планируют дать одинаковый эффект и при этом запрашивают разное количество финансовых средств, то в этом случае, предприятие, запрашивающее меньший объем финанси-

вания планирует использовать получаемые средства с большей отдачей, поэтому в качестве показателя приоритета предприятия может выступать величина $\chi_i(a_i, s_i)/s_i$. Процедура распределения на основе принципа обратных приоритетов может быть представлена в виде

$$x_i = \begin{cases} s_i, & \text{если } \sum_{j=1}^n s_j \leq R \\ \min \left(s_i, \frac{\chi_i(a_i, s_i)/s_i}{\sum_{j=1}^n \chi_j(a_j, s_j)/s_j} R \right), & \text{если } \sum_{j=1}^n s_j > R \end{cases} \quad (4.5.5)$$

При такой процедуре формирования x_i нетрудно заметить, что возможны случаи, когда часть финансовых средств R останется не распределенной, причем $\sum_{j=1}^n s_j > R$.

Пусть

$$R_{\text{ост}} = R - \sum_{j=1}^n x_j$$

Один из способов распределения остатка финансовых средств, который применяется в игре – это распределение пропорционально неудовлетворенному спросу. Обозначим

$$\Delta s = s_i - x_i(s_i),$$

тогда дополнительное количество финансовых средств, которое получает предприятие, определяется выражением

$$\Delta x_i = \frac{\Delta s_i}{\sum_{j=1}^n \Delta s_j} R_{\text{ост}}.$$

Нетрудно показать, что при этом

$$x_i + \Delta x_i \leq s_i$$

Легко увидеть, что в случае равновесия должно выполняться условие

$$s_i^* = \frac{\chi_i(a_i, s_i^*)/s_i^*}{\sum_{j=1}^n \chi_j(a_j, s_j^*)/s_j^*} R, \quad i=1, \dots, n.$$

Для того чтобы найти равновесные значения s_i^* , $i=1, \dots, n$ необходимо решить систему уравнений

$$s_i^* = \frac{\sqrt{a_i/s_i^*}}{\sum_{j=1}^n \sqrt{a_j/s_j^*}} R, \quad i=1, \dots, n.$$

Решение этой системы дает единственную ситуацию равновесия

$$s_i^* = \frac{\sqrt[3]{a_i}}{\sum_{j=1}^n \sqrt[3]{a_j}} R, \quad i=1, \dots, n.$$

При этом $x_i(s_i^*) = s_i^*$, $i=1, \dots, n$.

При оценке эффективности процедуры распределения финансовых средств, основанной на принципе обратных приоритетов также использовались автоматы. В каждой партии игрового эксперимента положение цели \tilde{s}_i^k для автоматов находилось из решения уравнения

$$\tilde{s}_i^k = \frac{\sqrt{a_i/\tilde{s}_i^k}}{\sum_{j \neq i}^n \sqrt{a_j/s_j^k} + \sqrt{a_i/\tilde{s}_i^k}} R$$

На рис. 4.19 приведены графики изменения стратегий участников игрового эксперимента, в котором участвовали четверо игроков ($n=4$), а исходные данные такие же, как в рассмотренных ранее экспериментах, только ограничения на заявки финансовых средств лежат в пределах $s_i \in [0; 1]$.

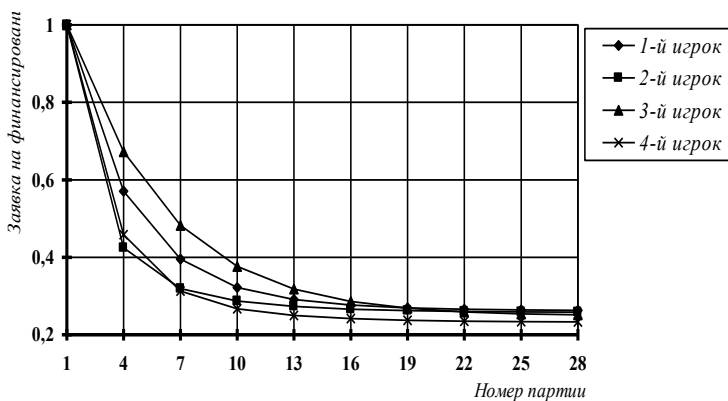


Рис. 4.19.

Изменение общего уровня безопасности в системе из четырех предприятий представлено на рис. 4.20

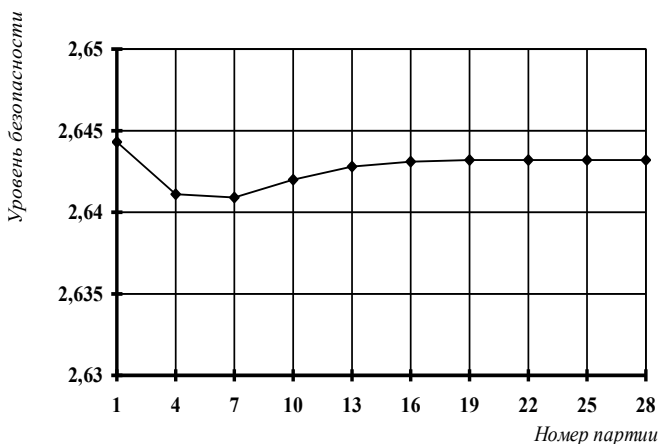


Рис. 4.20.

Сравнение результатов двух экспериментов показывает, что переход от процедуры пропорционального распределения финансовых средств, к процедуре распределения на основе принципа обратных приоритетов, позволило незначительно увеличить общий уровень безопасности.

4.5.2. Конкурсные механизмы распределения финансовых средств

Особенность конкурсных механизмов состоит в том, что они требуют организации явного соперничества между участниками конкурса. В число победителей конкурсов входят те исполнители, которые имеют наибольшие показатели эффективности использования выделяемых средств на выполнение работ, по обеспечению требуемого уровня безопасности. Победители конкурса получают определенный приоритет при распределении финансовых средств. Следует отметить, что при организации конкурса исполнители сообщают в Центр не только заявку на объем финансирования, но и ожидаемую величину эффекта от выполнения требуемых мероприятий. То есть для достижения своих целей они уже могут играть на двух видах информации.

Пусть

m – количество исполнителей-победителей конкурса;

w_i – оценка ожидаемого эффекта i -го исполнителя;

q_i – оценка эффективности i -го исполнителя;

$$q_i = \frac{w_i}{s_i}$$

s – минимальный размер финансовых средств, выделенных исполнителям не вошедшим в число победителей;

h_i – функция штрафа за не достижение (или за завышение) ожидаемого эффекта i -м исполнителем;

$$h_i = \begin{cases} \mu \left[w_i - \chi_i(a_i, x_i) \right]_2 & \text{если } w_i - \chi_i(a_i, x_i) > 0, x_i = s_i \\ 0, & \text{если } w_i - \chi_i(a_i, x_i) \leq 0 \end{cases}$$

μ – коэффициент штрафа.

Заметим здесь, что функция штрафа налагается лишь на те предприятия, которые получили запрашиваемые финансовые средства в полном объеме. Как было сказано выше, под конкурсными механизмами будем понимать механизмы распределения финансовых средств, в котором процедура планирования включает этап определения множества Q исполнителей-победителей конкурса. Это множество содержит номера исполнителей с наибольшими оценками эффективности.

Алгоритм определения множества Q может быть представлен следующим образом. Упорядочим оценки эффективности предприятий $q_i, i=1, \dots, n$ по убыванию, то есть

$$q_{i_1} > q_{i_2} > \dots > q_{i_n}. \quad (4.5.6)$$

Множество исполнителей-победителей конкурса есть

$$Q = \{i_k: k \leq m\}, \text{ где } m < n.$$

Процедура распределения финансовых средств после определения множества победителей имеет вид

$$x = \begin{cases} s_{i_k}, & \text{если } 1 \leq i_k \leq m \\ R - \sum_{k=1}^m s_{i_k} - c, & \text{если } i_k = m + 1 \\ c, & \text{если } m + 2 \leq i_k \leq n \end{cases}$$

В особом положении при этом находится исполнитель с номером $m+1$. Он является лучшим среди проигравших конкурс, и поэтому может получить финансовых средств несколько больше чем c .

Как сказано выше, в рассматриваемой модели предусмотрено наказание предприятия за не достижение (или за завышение) ожидаемого эффекта, поэтому целевая функция i -го предприятия имеет вид

$$\tilde{f}_i = f_i - h_i$$

или

$$\tilde{f}_i(x_i) = x_i \left(1 - \frac{a_i}{2r_i} \right) - \begin{cases} \mu (w_i - \sqrt{a_i x_i}), & \text{если } w_i - \sqrt{a_i x_i} > 0 \\ 0, & \text{если } w_i - \sqrt{a_i x_i} \leq 0 \end{cases} \quad (4.5.7)$$

В игре важным моментом является процедура определения победителей конкурса. Очевидно, что в каждой партии игры количество победителей может быть разное. Действительно, если Центр первоначально определяет минимальный размер финансовых средств c , для исполнителей, не вошедших в число победителей, то количество победителей можно определить в соответствии со следующей процедурой. Из упорядоченных оценок эффективности (4.5.6) выбирается максимальное число исполнителей m , для которых справедливо неравенство

$$\sum_{k=1}^m s_{i_k} < R - c \quad (4.5.8)$$

и это число m определяет количество победителей в данной партии игры.

Из процедуры определения победителей в общем случае следует, что возможен случай, когда имеется лишь один победитель конкурса, но и он не получает запрашиваемого количества финансовых средств, т.е. неравенство (4.5.8) в этом случае имеет вид

$$R - c(n - 1) < s_{i_1}$$

В этом случае победителем конкурса объявляется исполнитель под номером i_1 и ему передается весь остаток финансовых средств.

Подробный анализ формальной модели конкурсного механизма приведен в [41,54]. Здесь отметим лишь, что для целевой функции вида (4.5.7) равновесная ситуация по Нэшу существует, причем вид ситуации равновесия определяется величиной коэффициента μ в функции штрафа h_i . Величина μ определяет сильный штраф для i -го предприятия, если ему в любой ситуации, оказывается, невыгодно отклоняться от заявленной величины ожидаемого эффекта w_i , $i=1, \dots, n$. В случае же слабого штрафа предприятие может отклониться от оценки ожидаемого эффекта и при этом выиграть больше, чем, если бы он придерживался условия $w_i = \sqrt{a_i x_i}$.

Каждая партия игры проводится в четыре этапа. На первом этапе участники игры сообщают в Центр свои заявки на финансирование s_i и ожидаемый эффект w_i от выполнения работ по обеспечению требуемого уровня безопасности.

Второй этап – этап определения участников-победителей. На этом этапе Центр на основе полученных заявок определяет участников-победителей с наибольшими оценками эффективности.

На этапе распределения (третий этап) Центр на основе полученных оценок рассчитывает объем финансирования x_i для участников игры.

На четвертом этапе – участники, получив свой объем финансирования, подсчитывают своей целевой функции.

На этом партия считается законченной и следует переходить к следующей партии. То есть участники вновь сообщают в Центр

заявки на финансирование, Центр обрабатывает полученную информацию и т.д.

Партии игры повторяется до тех пор, пока достаточно явно не проявится стратегия поведения участников игры.

Игровой эксперимент по конкурсному распределению финансовых средств, проводился не с автоматами, а с реальными игроками. Одной из причин привлечения реальных игроков, несмотря на серьезные организационные сложности, является отсутствие достаточно хорошо обоснованной гипотезы поведения человека в подобной ситуации, именно в случае, когда он может играть на двух типах информации. И, как следствие этого, отсутствует соответствующий алгоритм поведения автомата.

В игре участвовало четыре игрока ($n=4$), значения коэффициентов r_i , a_i , $i=1,2,3,4$ и R такие же, как и в предыдущих экспериментах. Кроме того, $c=0,1$ и $\mu=0,5$.

Эксперимент с реальными игроками занимает существенно больше времени. Это касается как времени проведения одной партии игры, так и времени проведения всего игрового эксперимента, так как скорость сходимости в равновесную ситуацию, если она существует, в экспериментах, проводимых с реальными игроками, как правило, ниже, чем в играх с автоматами. Поэтому результаты проведения эксперимента здесь сначала представлены в виде таблиц, характеризующих развитие ситуации в первых десяти партиях, а затем в виде графиков по результатам шестидесяти четырех партий.

4.5.3. Результаты проведения первых десяти партий игры

Партия № 1	Номер игрока	1	2	3	4
	Заявка на финансирование	0,600	0,500	0,400	0,300
	Оценка эффекта	1,000	0,970	0,820	0,640
	Эффективность	1,667	1,940	2,050	2,133
	Место в конкурсе	4	3	2	1
	Полученные средства	0,100	0,200	0,400	0,300
	Уровень безопасности	0,447	0,616	0,825	0,648
	Штраф				
	Целевая функция	0,033	0,073	0,264	0,216

Партия № 2	Номер игрока	1	2	3	4
	Заявка на финансирование	0,550	0,430	0,450	0,370
	Оценка эффекта	1,000	0,900	0,860	0,700
	Эффективность	1,818	2,093	1,911	1,892
	Место в конкурсе	4	1	2	3
	Полученные средства	0,100	0,430	0,370	0,100
	Уровень безопасности	0,447	0,904	0,793	0,374
	Штраф				
	Целевая функция	0,033	0,158	0,244	0,072

Партия № 3	Номер игрока	1	2	3	4
	Заявка на финансирование	0,450	0,460	0,440	0,330
	Оценка эффекта	0,950	0,920	0,850	0,690
	Эффективность	2,111	2,000	1,932	2,091
	Место в конкурсе	1	3	4	2
	Полученные средства	0,450	0,120	0,100	0,330
	Уровень безопасности	0,949	0,477	0,412	0,680
	Штраф	0,001			0,005
	Целевая функция	0,149	0,044	0,066	0,232

Партия № 4	Номер игрока	1	2	3	4
	Заявка на финансирование	0,460	0,470	0,440	0,350
	Оценка эффекта	0,960	0,900	0,800	0,740
	Эффективность	2,087	1,915	1,818	2,114
	Место в конкурсе	2	3	4	1
	Полученные средства	0,450	0,100	0,100	0,350
	Уровень безопасности	0,949	0,436	0,412	0,700
	Штраф				0,020
	Целевая функция	0,150	0,037	0,066	0,232

Партия № 5	Номер игрока	1	2	3	4
	Заявка на финансирование	0,470	0,440	0,410	0,350
	Оценка эффекта	0,970	0,910	0,820	0,710
	Эффективность	2,064	2,068	2,000	2,029
	Место в конкурсе	2	1	4	3
	Полученные средства	0,360	0,440	0,100	0,100
	Уровень безопасности	0,849	0,914	0,412	0,374
	Штраф				
	Целевая функция	0,120	0,161	0,066	0,072

Партия № 6	Номер игрока	1	2	3	4
	Заявка на финансирование	0,470	0,450	0,400	0,340
	Оценка эффекта	0,990	0,920	0,830	0,690
	Эффективность	2,106	2,044	2,075	2,029
	Место в конкурсе	1	3	2	4
	Полученные средства	0,140	0,450	0,100	0,310
	Уровень безопасности	0,529	0,925	0,412	0,659
	Штраф	0,010			
Целевая функция	0,146	0,037	0,218	0,072	

Партия № 7	Номер игрока	1	2	3	4
	Заявка на финансирование	0,475	0,450	0,400	0,310
	Оценка эффекта	0,990	0,950	0,820	0,670
	Эффективность	2,084	2,111	2,050	2,161
	Место в конкурсе	3	2	4	1
	Полученные средства	0,140	0,450	0,100	0,310
	Уровень безопасности	0,529	0,925	0,412	0,659
	Штраф	0,000	0,013	0,000	0,006
Целевая функция	0,047	0,152	0,066	0,218	

Партия № 8	Номер игрока	1	2	3	4
	Заявка на финансирование	0,450	0,455	0,390	0,300
	Оценка эффекта	0,960	0,940	0,820	0,660
	Эффективность	2,133	2,066	2,103	2,200
	Место в конкурсе	2	4	3	1
	Полученные средства	0,450	0,100	0,150	0,300
	Уровень безопасности	0,949	0,436	0,505	0,648
	Штраф	0,006			0,006
Целевая функция	0,144	0,037	0,099	0,210	

Партия № 9	Номер игрока	1	2	3	4
	Заявка на финансирование	0,450	0,420	0,380	0,310
	Оценка эффекта	0,960	0,900	0,820	0,670
	Эффективность	2,133	2,143	2,158	2,161
	Место в конкурсе	4	3	2	1
	Полученные средства	0,100	0,210	0,380	0,310
	Уровень безопасности	0,447	0,632	0,804	0,659
	Штраф			0,008	0,006
Целевая функция	0,033	0,077	0,243	0,218	

Партия № 10	Номер игрока	1	2	3	4
	Заявка на финансирование	0,420	0,400	0,390	0,320
	Оценка эффекта	0,930	0,880	0,820	0,670
	Эффективность	2,214	2,200	2,103	2,094
	Место в конкурсе	1	2	3	4
	Полученные средства	0,420	0,380	0,100	0,100
	Уровень безопасности	0,917	0,850	0,412	0,374
	Штраф	0,007			
	Целевая функция	0,133	0,139	0,066	0,072

Из приведенных таблиц следует, что в своих поступках игроки руководствуются как бы двумя критериями:

- войти в число победителей конкурса;
- минимизировать штрафы за завышенную оценку ожидаемого эффекта.

В начале игры, в каждой партии, как правило, два победителя конкурса и два проигравших, заявки на финансирование почти в полтора раза превышают распределяемые финансовые средства. В конце игры ситуация меняется. Заявки на финансирование соизмеримы с величиной распределяемых финансовых средств, число победителей конкурса увеличивается. На рис. 4.22 представлен график изменения заявок на финансирование деятельности по достижению и поддержанию требуемого уровня безопасности.

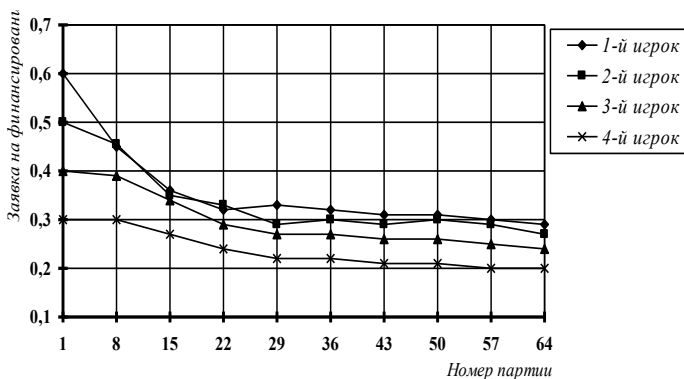


Рис. 4.22.

Соответственно, на рис. 4.23 изображен график изменения оценок ожидаемого эффекта от использования запрашиваемых финансовых средств.

График изменение общего уровня безопасности в системе, состоящей из четырех предприятий, при конкурсном распределении финансовых средств, представлен на рис. 4.24.

Сравнение этого результата с результатами двух предыдущих экспериментов показывает, что конкурсном механизме распределения, общий уровень безопасности при одних и тех же характеристиках предприятий и одной и той же величине финансовых средств оказался наибольшим.

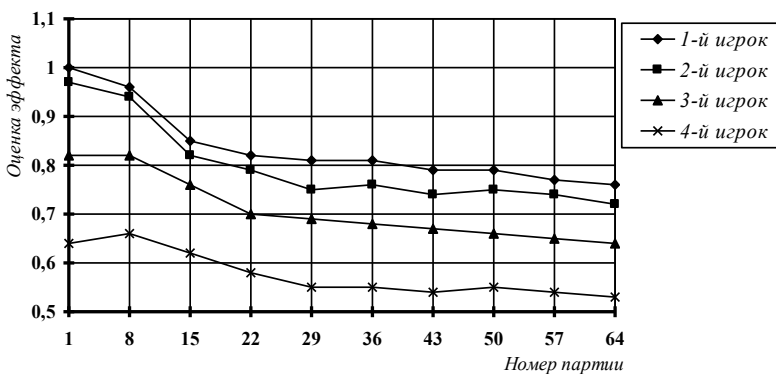


Рис. 4.23.

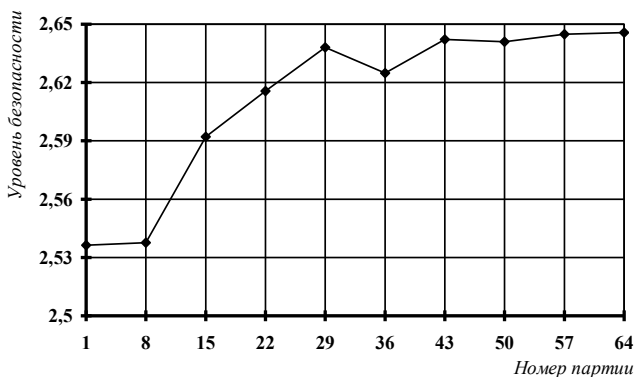


Рис. 4.24.

В целом, результаты проведенных экспериментов показывают, что пропорциональное распределение централизованного фонда приводит к неоправданному росту заявок и снижает эффективность всего механизма распределения. Конкурс при распределении централизованного фонда повышает эффективность этого механизма и обеспечивает получение информации близкой к достоверной.

Разработанная система игрового имитационного моделирования для оценки эффективности экономических механизмов с учетом риска возникновения ЧС, позволяет в достаточно простой и в то же время наглядной форме продемонстрировать особенности разрабатываемых экономических механизмов, их достоинства и недостатки, определить направления работ для их «доводки» до конкретных условий и конкретных объектов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотренные в книге модели, методы и механизмы управления уровнем региональной безопасности позволяют не только проводить оценку эффективности действующей системы экономических механизмов управления риском, но и разрабатывать научно обоснованные рекомендации по ее совершенствованию с учетом региональных особенностей.

Безусловно, многие вопросы, затронутые в книге, требуют дальнейшего развития и дальнейших исследований. Тем не менее, описанные в книге модели и методы могут составить основу для разработки систем поддержки принятия решений по развитию механизмов управления безопасностью в регионах страны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Порфирьев Б.Н. Организация управления в чрезвычайных ситуациях. М.: Знание, 1989.
2. Фальцман В. Экономика техногенной и природной безопасности. Вопросы экономики, N 1, 1991.
3. Федеральный закон «О науке и государственной научно-технической политике» от 12 июля 1996, № 127-ФЗ.
4. Концепция перехода Российской Федерации к устойчивому развитию утв. Указом Президента Российской Федерации от 1.04.96, № 453.
5. «О доктрине развития российской науки» Указ Президента Российской Федерации от 13 июля 1996, № 884.
6. Концепция реформирования российской науки. Одобрена Правительством Российской Федерации от 18.05.98 № 453.
7. Теория и практика экологического страхования. Труды четвертой всероссийской и второй международной конференции. Калининград-Москва. 2000.
8. Указ Президента Российской Федерации от 17 декабря 1997 № 1300 «Об утверждении Концепции национальной безопасности Российской Федерации»
9. Основы государственной политики в области безопасности. // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. ВИНТИ, М.2000. вып.2.
10. Ежегодные Государственные доклады «О состоянии окружающей природной среды Российской Федерации» (в 1994-1998 годах).

11. Международный журнал «Проблемы теории и практики управления», 1997, №№ 1-6, 1998 №1
12. Материалы Международной конференции «Экологическое образование и воспитание на пороге XXI века», Москва 28-30 января 1998.
13. Конституция Российской Федерации. – М.: Юридическая литература, 1993.
14. Васин В.А., Миндели Л.Э. Научно-технологический фактор национальной безопасности (гражданские аспекты). – М.: ЦИСН, 1999.
15. Винюков К.И., Дебабов С.А. Каталог основных понятий Российской системы предупреждения и действий в чрезвычайных ситуациях.– М.: ВНИИ ГОЧС, 1993.
16. Вишняков Я.Д. Генеральный алгоритм безопасности: концепция его отраслевых и региональных модификаций / Сборник тезисов докладов научно-практической конференции
17. «Спасение, защита, безопасность – новое в науке, технике, технологии» («Спасение-95») – М.: ВНИИ ГОЧС МЧС, 1995.
18. Воробьев Ю.Л. (под ред.) Катастрофы и человек. Книга 1. Российский опыт противодействия чрезвычайным ситуациям. – М: АСТ – ЛТД, 1997.
19. Глобальные проблемы как источник чрезвычайных ситуаций. (Доклады и выступления международной конференции. – М.: УРСС, 1998.
20. Государственная научно-техническая программа России «Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф». Концепция и итоги работы 1991-92гг. Том 1,2.– М.: ВИНТИ, 1993.
21. Елохин А.Н., Проценко А.Н., Рыжиков В.С., Хомяков Д.Н. К вопросу о классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 1995. – Вып.10.

22. Жаворонкова И.Г., Супатаева О.А. Систематизация законодательства по проблемам безопасности в чрезвычайных ситуациях // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. Вып. 5.– М., 1994.
23. Кокошин А.А. и др (под ред.) Безопасность России. Основопологающие государственные документы. Часть 1 и 2, – М.: МГФ «Знание», 1998.
24. Кульба В.В., Серегин А.С. Особенности управления в условиях чрезвычайных ситуаций // Российский социально-политический институт. – М., 1991.
25. Осипов В.И. Методика оценки опасности природных катастроф // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 1993. – Вып.10.
26. Порфирьев Б.Н. Государственное управление в чрезвычайных ситуациях. – М.: Наука, 1991.
27. Рагозин А.Л. Основные подходы к организации мониторинга природно-технических систем с целью снижения ущерба от природных и техногенных катастроф // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 1993.
28. Федеральный Закон Российской Федерации от 21 декабря 1994 №66-ФЗ «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного РЖ». Социальные и гуманитарные науки отечественная и зарубежная литература. 3. Серия 2. Экономика. М: 1998. Стр. 132-141.
29. А.А. Кузьмицкий, Д.А. Новиков. Организационные механизмы управления развитием приоритетных направлений науки и техники. – М.: 1993.
30. Научно-техническая и инновационная политика. Российская Федерация. Том 1. Оценочный доклад. Организация экономического сотрудничества и развития. – 1993.
31. Научно-техническая и инновационная деятельность регионов России. Мониторинг научно-технического состояния регионов России. – М.: 1994.

32. Указ Президента Российской Федерации от 22 июля 1998 № 863 «О государственной политике по вовлечению в хозяйственный оборот результатов научно-технической деятельности и объектов интеллектуальной собственности в сфере науки и технологий». Собрание законодательства Российской Федерации – 1998, № 30, ст.3756.
33. Управление риском в социально-экономических системах: концепция и методы ее реализации. Части I-II. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. Выпуск № 11,12. – М. 1995.
34. Бурков В.Н., Дзюбко С.И. Задача формирования программы обеспечения региональной безопасности. //ВИНИТИ. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 1996. № 9.
35. Эффективность мер по снижению опасности при чрезвычайных ситуациях. Член.-корр. РАН Н.А. Махутов (ИМАШ РАН), к.т.н. А.И. Костин (МНТЦ «Регион»). Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. Выпуск- № 10. – М., 1997.
36. Оценка эффективности программных мероприятий по снижению рисков и смягчению последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации. В.А. Акимов, В.Т. Курмаев ВНИИ ГО ЧС. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. Выпуск- № 10. – М., 1998.
37. Концепция федеральной целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации». М.А. Шахраманьян, В.А. Акимов, Е.И. Зюзин, В.Т. Курмаев. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. Выпуск- № 10. – М., 1997.
38. Теория риска и технологии обеспечения безопасности. Подход с позиций нелинейной динамики. Ч.II Ю.Л. Воробьев, Г.Г. Малинецкий, Н.А. Махутов. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. Выпуск- № 1. – М., 1999.
39. Модели, методы и автоматизация управления в условиях чрезвычайных ситуаций. С.А. Косяченко, Н.А. Кузнецов, В.В.

Кульба, А.Б. Шелков. Автоматика и телемеханика – 1998, №6, с. 3-66.

40. Фролов К.В., Махутов И.А. «Проблемы безопасности сложных технических систем». // Сборник избранных статей и докладов 2-ой международной конференции «Безопасность и экология горных территорий», – г.Владикавказ, 1995 – С. 12-18.
41. Осипов В.И. «Концептуальные основы экологической политики». Сборник избранных статей и докладов 2-ой международной конференции «Безопасность и экология горных территорий», – г. Владикавказ, 1995 – С. 21-27.
42. Бурков В.Н. «Основы математической теории активных систем». – М.: Наука. 1977 – С. 10-45.
43. Анохин А. М., Глотов В. А., Павельев В.В., Черкашин А.М. «Целенаправленный выбор: модели, отношения, алгоритмы». Препринт/ Институт проблем управления РАН – М., 1996 – С. 10-21.
44. Бурков В.Н., Грацианский Е.В., Еналеев А.К., Умрихина Е.В. «Организационные механизмы управления научно-техническими программами» Препринт/ Институт проблем управления – М., 1993 – С. 8-17.
45. Кузьмицкий А.А. «Модели и механизмы управления развитием приоритетных направлений научно – технического прогресса». Автоматика и телемеханика. – 1994, – N 9. – С. 141-147
46. Rohn Y. Führungsentscheidungen in Unternehmensplanspiel. Essen, 1964.
47. Морозов А. Аварийные игры. «Техпропаганда», 1933, N 7.
48. Островский Я.С. Аварийные игры на Шатуре. «Техпропаганда», 1933, N 7.
49. Riceiardi F.M. et al. Top Management Decision Simulation: the AMA Approach, American Management Association, Ney York, 1957.

50. Емельянов С.В., Бурков В.Н., Ивановский А.Г., Немцева А.Н., Ситников В.И., Соколов В.И., Щепкин А.В. Метод деловых игр. Международный центр научно-технической информации – М., 1976.
51. Чепрунова О.Ю. Щепкин А.В. Разработка экспериментов с моделями организационных систем. Автоматика и телемеханика, 1988, N 8.
52. Курс экономической теории. Под редакцией Чепурина М.М., Киселевой Е.А. Изд. «АСА» – Киров, 1995.
53. Опойцев В.И. Равновесие и устойчивость в моделях коллективного поведения. – М.: Наука, 1977.
54. Бурков В.Н., Кондратьев В.В. Механизмы функционирования организационных систем. – М.: Наука, 1981.
55. Бурков В.Н., Данев Б., Еналеев А.К., Нанева Т.Б., Подвальный Л.Д., Юсупов Б.С. Конкурсные механизмы в задачах распределения ограниченных ресурсов. Автоматика и телемеханика. 1988. N 11, с.142-153.