

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМ

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ АНАЛИЗА РИСКА И БЕЗОПАСНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

О. И. ЛАРИЧЕВ, А. И. МЕЧИТОВ (СССР)

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время происходит быстрое развитие качественно новых технологий, таких, как добыча нефти на морском шельфе, ядерная энергетика, производство и транспортировка сжиженного газа, новые химические производства. Их функционирование связано с производством и транспортировкой новых материалов, большого количества энергии. При этом критерии экономической эффективности влияют на увеличение единичной мощности используемого оборудования, усиление концентрации производства, приближение новых промышленных объектов к потребителям продукции. Совокупность указанных факторов приводит к тому, что последствия аварийных ситуаций на этих производствах при неблагоприятных условиях могут оказаться катастрофическими. Особенность таких ситуаций заключается в том, что, хотя вероятность их возникновения очень низка, сами они и их последствия могут повлечь за собой крупные экономические потери, представлять серьезную угрозу экологии целых регионов и, что самое главное, жизни значительного количества людей.

Меры, направленные на увеличение безопасности используемого оборудования и уменьшение вероятности неблагоприятных событий и их последствий, требуют больших дополнительных затрат и не могут, как правило, абсолютно исключить возможность аварий. В связи с этим возникает необходимость исследования широкого круга задач, связанных с принятием обоснованных, рациональных решений с учетом факторов риска.

Имевшие место крупномасштабные технологические аварии значительно усилили внимание к данной проблеме как со стороны специалистов, так и со стороны широкой общественности и средств массовой информации. Вопросы использования новых технологий, выбора площадок для размещения потенциально опасных производств оказались в центре политической жизни многих стран (Швеция, Австрия, США). Проводимые научные исследования в этой области способствовали концентрации внимания на вопросах безопасности и оценки риска и в традиционных областях человеческой деятельности, таких, как горное дело, металлургическое производство, автомобильное движение, строительство нефтепроводов, дамб и т. п. Одновременно активизировалось изучение проблем защиты окружающей среды и здравоохранения. В связи с этим исследования вопросов риска и безопасности стали охватывать все аспекты человеческого существования, всей окружающей человека среды обитания и постепенно оформились в новое научное направление, получившее название «анализ риска».

В конце 70-х годов значительно увеличилось число научных публикаций, посвященных вопросам анализа риска. В ряде стран появились специальные научно-консультативные организации, занимающиеся проблемами анализа риска. В США, например, при Национальном научном фонде была учреждена специальная комиссия по проблемам риска под руководством известного специалиста по системному анализу Г. Райфы. С 1981 г. начал выпускаться новый международный научный журнал «Анализ риска».

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АНАЛИЗА РИСКА

Исследования по анализу риска включают широкий спектр взаимосвязанных проблем. При этом можно выделить четыре основные проблемы [4]:

— измерение риска,

- определение допустимого уровня риска,
- меры по предотвращению аварий,
- управление в условиях аварийных ситуаций. Рассмотрим кратко их основные особенности.

Измерение риска. Первая проблема, возникающая при проведении любого аналитического исследования, в том числе и в области анализа риска, является проблемой измерений. Для ее решения прежде всего необходимо конкретизировать само понятие «риск». Трудность здесь заключается в том, что выразить риск через один обобщенный показатель невозможно. Ожидаемое число жертв за год, вероятность для индивидуума стать жертвой той или иной технологии в течение года, вероятность опасных последствий для определенных групп людей (например, для детей), вероятность аварий с одновременным большим числом жертв и другие показатели по-разному характеризуют конкретную ситуацию и по-разному должны приниматься во внимание при принятии решений. Оценивая возможный вред от использования какой-либо технологии, необходимо учитывать не только смертельные исходы, но и любой другой ущерб, который она может нанести здоровью людей (профессиональные заболевания и т. п.). Таким образом, само понятие риска многоаспектно; поэтому необходима разработка системы показателей, адекватно характеризующих величину риска в различных ситуациях.

Решение задачи анализа риска происходит, как правило, в условиях недостаточности или частичного отсутствия необходимой информации, особенно когда речь идет о новых технологиях. В этих случаях для получения количественных оценок показателей риска используют экспертные оценки, методы моделирования, строят «деревья отказов», пытаются смоделировать возможные причины сбоев в сложных технических системах. В случае новых технологий, когда отсутствует сколько-нибудь надежная статистика, все эти способы используют в том или ином виде экспертные оценки вероятностных событий. В то же время известно, что человек является «плохим статистиком» [10, 15]. Решение вероятностных задач представляет для него сложную проблему, с которой он не всегда хорошо справляется. Пытаясь решить ее, он часто прибегает к различным эвристикам, которые в ряде случаев ведут к существенным и устойчивым ошибкам. Следовательно, в процессе измерения риска необходимо учитывать реальные возможности получения надежных экспертных оценок. Следует также заметить, что при измерении риска необходимо учитывать показатели, относящиеся к различным моментам времени. Например, при принятии решений о месте расположения нового технического производства необходимо учесть как оценки, характеризующие прямые потери, связанные со строительством, так и оценки, связанные с воздействием на окружающую среду в процессе его эксплуатации.

Одним из наиболее распространенных способов измерения риска, надежности сложных технических систем является построение «деревьев отказов». При этом определяются возможные поломки или отказы в системе и прослеживаются причинно-следственные цепочки вплоть до события, к которым эти отказы могут привести. Использование вероятностных оценок таких отказов дает возможность оценить в количественной форме вероятности соответствующих аварийных событий.

Определение допустимого уровня риска. Задача определения допустимого уровня риска, определение стандартов безопасности обслуживающего персонала и населения является универсальной проблемой. Кажется естественной возможность установления единого допустимого уровня риска для различных технологий. Однако экономические соображения ставят под сомнение целесообразность такого единого показателя. Действительно, если техническое решение лишь незначительно уступает нормативному с точки зрения безопасности, но обходится значительно дешевле, то разумнее не добиваться достижения нормативного уровня безопасности ценой непомерно больших затрат, а использовать сэкономленные деньги в других областях с большей эффективностью.

С экономической точки зрения логично потребовать, чтобы дополнительные затраты, направленные на эквивалентное снижение риска в различных областях человеческой деятель-

ности, были бы одинаковы. Однако и это требование оказывается неосуществимым. Анализ существующих уровней риска, сопоставление затрат на спасение одной человеческой жизни при реализации различных программ безопасности показывают, что в действительности реальные уровни риска, которые считаются традиционно приемлемыми, значительно варьируют в различных областях [7]. Так, считается необходимым добиваться большего уровня безопасности при эксплуатации АЭС, чем при использовании автомобильного транспорта. Удельные затраты на эквивалентное увеличение безопасности при осуществлении специальных программ в США, например, измеряются от нескольких десятков тысяч долларов до нескольких миллионов. Этот кажущийся на первый взгляд парадокс можно попытаться объяснить неразработанностью проблемы оценки риска, несовершенством организационных механизмов принятия решений и т. п. Однако многочисленные исследования свидетельствуют о том, что основная причина указанных различий состоит в особенностях субъективного восприятия риска [7, 15]. Люди по-разному воспринимают риск и соответственно по-разному оценивают величину допустимого уровня риска в зависимости от ряда сопутствующих ему обстоятельств; большое значение имеет так называемая степень обязательности при использовании той или иной технологии, или, другими словами, возможность для каждого человека принимать индивидуальное решение относительно ее использования. (В случае использования автомобиля такая возможность имеется в отличие от ситуации, когда принято решение о постройке АЭС или другого промышленного объекта). Известно, что чем больше степень обязательности в использовании определенной технологии, тем меньший уровень риска считается допустимым. Такое же влияние на оценку допустимого уровня риска оказывают степень контролируемости ситуаций, т. е. возможность индивидуума влиять на происходящие события, а также степень новизны технологии. На уровень допустимого риска влияют оценки преимуществ, получаемых при реализации того или иного проекта, и оценки масштаба возможных неблагоприятных последствий, а также распределение их во времени, в пространстве между различными группами людей.

Всего в литературе упоминается несколько десятков факторов, определяющих восприятие и оценку риска в конкретных условиях [16], причем число их зависит от детальности рассмотрения проблемы. Все это позволяет понять, почему отдельные лица и общество в целом подходят фактически с разными мерками к оценке допустимого уровня риска в отдельных ситуациях.

Таким образом, определение допустимого уровня риска может решаться лишь как конкретная задача принятия решений с учетом экономических, психологических, социальных и других факторов, включая факторы риска и безопасности. При этом из множества альтернативных вариантов (различные виды технологий, проектные решения, место расположения производств), различающихся своими оценками по критериям, необходимо выбрать тот, который наилучшим способом сочетает в себе эти различные качества. Уровень риска, соответствующий выбранному решению, и может считаться рациональным в рассматриваемой задаче.

Меры по предотвращению аварий. Авария сложного объекта может быть следствием различных причин, которые допустимо условно разделить на две основные группы:

технические причины, обусловленные недостатками в используемых технологических схемах или дефектами оборудования, и причины, связанные с «человеческим фактором». Анализ многочисленных аварий показывает, что значительная их часть обусловлена неправильным поведением операторов и другого обслуживающего персонала. В связи с этим в настоящее время наряду с решением задач по повышению надежности оборудования все больше внимания уделяется особенностям поведения операторов сложных технических систем в чрезвычайных ситуациях.

Проведенные исследования обнаружили удивительную схожесть «сценария» многих крупных аварий [3]. Развитие ситуации, как правило, начинается с накопления ряда отклонений в поведении объекта. Затем следует какое-либо иницирующее событие, сопровождаемое неправильным управляющим воздействием со стороны оператора, которое и приводит к чрез-

вычайной ситуации. При этом именно ошибка оператора, как правило, значительно усугубляет последствия аварийной ситуации.

Подобные ошибки являются следствием нескольких причин. Во-первых, ни один специалист не обладает исчерпывающими знаниями об особенностях функционирования сложного объекта. Во-вторых, в процессе работы оператора происходит привыкание его как к нормальному функционированию управляемого им объекта, так и к небольшим отклонениям. Поэтому с течением времени оператор допускает все большие отклонения, с которыми он уже не может совладать, когда система выходит из-под контроля. Другими словами, наблюдается традиционный способ обучения методом «проб и ошибок», который оказывается недопустимо дорогим при освоении новых технологий. В связи с этим все большее внимание уделяется сегодня вопросам специальной подготовки операторов, разработке систем поддержки принятия решений, способных оказать оператору эффективную помощь. Особое значение приобретает проблема адекватного информационного обеспечения оператора с учетом его возможностей по переработке больших объемов информации.

Одновременно с этим предпринимаются значительные усилия и в области повышения надежности и безопасности используемого оборудования. Для этого дублируются наименее надежные и наиболее критические с точки зрения безопасности элементы технологических систем, производится замена опасных веществ на менее токсичные соединения и т. п.

Предотвращение аварий тесно связано с проблемой допустимого уровня риска, с установлением стандартов безопасности технических систем. Здесь необходимо учитывать не только особенности функционирования, но и масштабы тиражирования этих систем. При увеличении их числа происходит соответствующее увеличение вероятности наступления аварий даже при ничтожно малой вероятности отказа одной отдельной системы. Одним из способов регулирования в данном случае является введение динамичных, пересматриваемых с течением времени стандартов. При этом в процессе роста масштабов производства и потребления должно происходить ужесточение соответствующих стандартов.

Управление в условиях аварийных ситуаций. Так как любые мероприятия по повышению безопасности не могут дать гарантии от аварийных ситуаций, необходимо предусматривать меры на случай их наступления. Такие меры позволяют, как правило, значительно уменьшить масштабы аварии и ее последствия. Они должны базироваться на анализе специальных сценариев чрезвычайных ситуаций и включать широкий круг вопросов по организации аварийных работ как на своем объекте, так и в прилегающих районах, территория и население которых подверглись неблагоприятному воздействию. При этом большую роль играет заблаговременное распределение ответственности и обязанностей различных организаций, определение порядка их взаимодействия.

Известно, что при наступлении аварийной ситуации огромную роль играет фактор времени принятия решений. Поэтому необходимо обеспечить рациональное распределение принимаемых решений между центральными государственными органами управления и местными властями.

Разработка мероприятий по управлению в условиях аварийных ситуаций должна учитывать имеющийся опыт в этой области. Для этого необходим специальный банк данных об авариях, который позволял бы проводить их систематическое изучение. Подобный банк способствовал бы улучшению решения всех вопросов, касающихся измерения риска и управления в аварийных ситуациях.

Таким образом, особенности задачи анализа риска позволяют рассматривать ее как задачу принятия сложного многокритериального коллективного решения, требующего исследования широкого круга вопросов и проведения комплексного анализа и оценки технических, экономических, социальных и даже политических факторов риска. При этом основной ее особенностью является доминирование социально-психологических аспектов, вовлеченность в ее решение групп людей со своими оценками и предпочтениями.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО АНАЛИЗУ РИСКА В ИИАСА

Многодисциплинарный характер проблемы анализа риска, заинтересованность многих стран в ее рассмотрении обусловили развитие в соответствующей области исследований в Международном институте прикладного системного анализа [2].

Интерес к этой проблеме впервые возник при рассмотрении вопросов развития нефтедобычи в Северном море. Авария, которая произошла на морской буровой установке «Браво Велл» в Северном море в 1978 г., вызвала серьезное загрязнение норвежского сектора Северного моря и способствовала усилению внимания к этой проблеме. Состоявшееся в том же году заседание Рабочей группы ИИАСА обсудило вопросы предупреждения подобных аварий и способы преодоления возможных последствий [6].

Опрос представителей национальных организаций — членов ИИАСА, проведенный в 1978—1979 гг., показал их возрастающий интерес к проблемам риска, безопасности и управления в аварийных ситуациях. Ряд национальных организаций энергично поддержал развитие этих работ в ИИАСА (ФРГ, США, ВНР и др.). Отмечалось, что эти исследования найдут широкую поддержку со стороны промышленных кругов. Все это предопределило начало систематического изучения в ИИАСА широкого круга проблем принятия решений с учетом факторов риска. При этом, как обычно, особое внимание ИИАСА было уделено изучению и обобщению международного опыта в данной области.

В 1980 г. в ИИАСА был проведен второй семинар, посвященный проблеме аварийных ситуаций. На нем рассматривались возможные последствия аварий на атомных электростанциях [13]. С середины 70-х годов во многих странах мира начала интенсивно развиваться атомная энергетика, при этом часто АЭС размещались близ крупных городов, в густонаселенных районах. Авария, происшедшая в 1979 г. на ядерном реакторе АЭС «Три Майлс Айленд» (Пенсильвания, США), вызвала серьезную озабоченность по поводу проблемы безопасности атомной энергетике в международном масштабе. Политика в области атомной энергетике оказалась объектом внимания широкой общественности, стала вопросом предвыборных программ различных политических партий и групп.

Авария на АЭС «Три Майлс Айленд» заострила внимание и на вопросах организации и управления при аварийных ситуациях. Стало очевидным, что последствия подобных аварий во многом определяются готовностью к ним персонала, наличием специальных аварийных и спасательных служб, степенью проработки организационных аспектов управления при авариях, координацией деятельности различных служб и т. п. Тщательная проработка; организационных аспектов управления и координации на различных технико-административных уровнях может значительно уменьшить отрицательные последствия аварийных ситуаций.

В 1980 г. Институт начал проводить самостоятельные работы по проблеме анализа риска. С этой целью в рамках программы «Управление и технология» была создана специальная рабочая группа. Ее возглавил Г. Кунрейтер (США), член Комитета по исследованию социально-экономических вопросов предсказания землетрясений при Национальной академии наук США. Предметом анализа группы стала задача выбора стройплощадки для проектируемых комплексов по сжижению и транспортировке природного газа.

Транспортировка газа в большом объеме экономически оправдана лишь в сжиженном виде по трубопроводам или специальными танкерами. С этой целью строятся крупные терминалы по сжижению энергетического газа (СЭГ). Последние представляют собой объекты с очень высокой концентрацией энергии, располагаемые, как правило, в прибрежной зоне либо возле судоходных каналов. Сооружение терминалов СЭГ требует значительных капитальных вложений и площадей. При этом, как и во всех подобных случаях, несмотря на высокую надежность используемой технологии, терминалы СЭГ не могут рассматриваться как абсолютно безопасные. Аварии на комплексах по сжижению газа могут иметь катастрофический характер с большой степенью неопределенности относительно возможных последствий. В то же время удаление терминалов СЭГ от промышленных и населенных районов по причинам

безопасности приводит к большим экономическим издержкам. Все это определяет актуальность задач размещения комплексов СЭГ.

В конце 70-х годов в связи с энергетическим кризисом и ростом цен на нефть происходило форсирование производства и потребления природного газа, а соответственно и масштабов его транспортировки. Вопросы выбора площадок для проектируемых комплексов СЭГ приобретали все большую актуальность, и в 1980 г. в ИИАСА начались работы по анализу этой проблемы. Их финансирование осуществлялось Министерством исследований и технологий ФРГ.

На состоявшемся в 1980 г. первом совещании ИИАСА по проблеме выбора строительных площадок для газовых терминалов были рассмотрены вопросы принятия решений относительно месторасположения терминалов в различных странах. Совещание помогло сформулировать программу исследований Группы по анализу риска ИИАСА на 1980—1982 гг. Планировалось провести несколько конкретных исследований по проектированию и созданию комплексов СЭГ в разных странах, проанализировать процессы принятия решений относительно месторасположения терминалов и на основе этого разработать выводы нормативного характера с целью совершенствования существующих механизмов принятия решений с учетом факторов риска и неопределенности [8].

Для конкретных исследований были выбраны четыре проекта комплексов СЭГ в ФРГ, США, Великобритании, Нидерландах. По каждому из них была собрана подробная информация, отражающая различные этапы осуществления указанных проектов. Этот материал включал основную техническую документацию относительно рассматриваемых проектов, а также историю обсуждения, согласования и принятия решений, касающихся их реализации. Для его сбора сотрудники ИИАСА интервьюировали руководителей и специалистов учреждений, принимавших участие в осуществлении проектов, представителей различных общественных групп, чьи интересы эти проекты затрагивали, и т. д. Эта работа осуществлялась сотрудниками ИИАСА на местах и заняла 6—8 месяцев. В результате были подготовлены подробные отчеты, описывающие основные этапы процесса принятия решений.

Особое внимание в отчетах было уделено организационным аспектам принятия решений. Создание таких крупных технических проектов, как терминалы СЭГ, требует привлечения большого количества частных фирм и правительственных учреждений. Эти проекты имеют важное значение для национальной экономики и оказывают значительное влияние на все стороны жизни региона, в котором его намечается осуществить, в том числе проблемы занятости, экологии, безопасности населения и т. п. Поэтому их реализация привлекает внимание различных общественных организаций, чьи интересы оказываются затронутыми подобным проектом. Заинтересованные организации активно вмешиваются в процесс принятия решений и оказывают на него существенное влияние. Таким образом, реализация проектов СЭГ требует согласования мнений различных организаций, нахождения в результате такого согласования некоторого компромиссного решения, удовлетворяющего все заинтересованные стороны. Отчеты, подготовленные ИИАСА, позволяют проследить все этапы этого процесса, начиная с постановки вопроса о необходимости осуществления проекта СЭГ до принятия окончательного решения (если такое решение было достигнуто). Работа над этими отчетами дала возможность понять особенности организационного взаимодействия всех участников процесса принятия решения и собрать большой фактический материал о всех деталях этих проектов.

Для проведения дескриптивного исследования с единых методологических позиций была разработана дескриптивная модель [9], которая представляет процесс принятия решений в качестве структурированной итеративной процедуры. Возможность такого представления базируется на том, что процесс принятия сложного решения, как правило, дезагрегирован между различными участниками и во времени. Это и позволяет представить его как совокупность связанных между собой этапов.

Каждый этап характеризуется исходной постановкой задачи, так называемым начальным событием, которое явилось толчком, поводом для всего этапа. Для решения задачи рассматривается определенное множество альтернативных вариантов решения. На каждом этапе в процессе принятия решения участвуют различные организации. Они оценивают каждое альтернативное решение по некоторой системе критериев и определяют лучшее с их точки зрения.

В ходе взаимодействия участники этапа отстаивают свой вариант решения. При этом ими используются положительные оценки этого варианта по критериям, наиболее важным для того или иного участника. В результате итерации, т. е. взаимодействия партнеров по принятию решений, стороны приходят к какому-то заключительному решению, которое или является окончательным, или исходным для следующей итерации. Такая дескриптивная модель дает возможность структуризовать изучаемый процесс принятия решений и охарактеризовать такие его особенности, как число участников процесса согласования, количество используемых ими критериев оценки проекта, динамику процесса взаимодействия участников. Она позволяет также проследить за изменением понимания исходной задачи, ее формулировки, политики отдельных участников и т. д.

Описанная модель получила название многокритериальной модели принятия решений при многих участниках и была использована для описания всех четырех проектов СЭГ.

При изучении процессов принятия решений основное внимание уделялось исследованию вопросов анализа риска [11, 14]. Вопросы безопасности играли важную роль при обсуждении различных вариантов проектов СЭГ. Различные заинтересованные группы и организации проводили собственные исследования уровня безопасности терминалов, их влияния на окружающую среду. При этом оценки уровней риска и выводы, которые делались на основе этих оценок, значительно отличались друг от друга. Их анализ позволил выделить следующие основные причины расхождений.

Комплексы по сжижению природного газа представляют собой сравнительно новую технологию. Практика эксплуатации комплексов СЭГ пока ограничена, а природа многих процессов, связанных с переходом топлива из газообразного состояния в жидкое и обратно, мало изучена. Поэтому используемые оценки безопасности и риска разных стадий производственного цикла (транспортировка, сжижение, хранение газа) есть результат или модельных экспериментов, или косвенных расчетов, или экспертных оценок. Таким образом, оценки риска использования новой, малоизученной технологии во многом зависят от субъективных оценок и предположений, от степени учета различных факторов.

Различные организации при проведении аналитических исследований используют разные показатели риска, что значительно затрудняет сравнение полученных результатов и их обсуждение.

Оценка безопасности в значительной степени определяется двумя факторами: а) теми выгодами, которые сулит данный проект и б) наличием альтернативных путей достижения этих выгод (наличием других, более безопасных площадок). Иначе говоря, оценка безопасности проекта есть результат компромисса между теми благами, которые он может принести, и тем увеличением факторов риска, которые он обуславливает.

В 1983 г. был подготовлен заключительный отчет группы по анализу риска под названием «Risk Analysis and Decision Processes» [12]. В отчете были выделены следующие моменты:

1. Реализация новых крупных технических проектов, подобных терминалам СЭГ, имеет как несомненные положительные, так и отрицательные стороны. Их осуществление затрагивает интересы различных групп населения, в том числе общенациональные интересы, представляемые правительственными учреждениями, интересы различных фирм, участвующих в проекте, интересы населения ближайших районов, представляемые местными властями, а также интересы различных активных групп, например защитников окружающей среды и т. п.
2. Отношение этих групп к реализуемому проекту определяется многими факторами. При этом их субъективная оценка риска во многом определяется ожидаемыми выгодами от реализации проекта, оценка которых, в свою очередь, зависит от уровня их благосостояния. На-

селение в преуспевающих экономических районах относится с большей осторожностью к подобным проектам, чем население районов с неблагоприятной экономической конъюнктурой.

Таким образом, оценка риска в значительной степени представляет собой задачу принятия решений, в которой каждое действующее лицо пытается определить для себя рациональный компромисс между выгодами, которые сулит осуществление проекта, и связанными с ним потенциальными потерями.

3. Процесс согласования различных точек зрения является итеративным. В ходе взаимодействия его участников происходит уточнение их позиций, интересов, определяются возможности достижения компромиссных решений.

4. При обсуждении различных вариантов осуществления проекта участники дискуссии апеллируют к различным количественным показателям оценки безопасности. Эти оценки, получаемые в результате аналитических исследований, сильно отличаются друг от друга, что определяется различиями в исходных предпосылках, в используемых экспертных оценках и т. д. Отмечается значительная смещенность оценок риска, получаемых различными участниками. Это объясняется тем, что отсутствие общепринятых методик проведения подобных исследований позволяет «ориентировать» эти исследования на получение конкретных результатов, призванных оправдать позицию заказчика.

5. Анализ процессов согласования различных точек зрения позволяет сделать следующие рекомендации с целью их улучшения: а) необходимо определить по возможности все выгоды и потери в результате осуществления проекта для различных групп населения; б) необходимо выявить системы предпочтений различных заинтересованных групп населения; в) следует рационально распределить как выгоды, так и потери от реализации проекта между различными группами населения, предусмотрев в случае необходимости выплату различного рода компенсаций; г) требуется предусмотреть ответственность различных организаций в случае аварийной ситуации.

ПРОЕКТ СТРОИТЕЛЬСТВА ГАЗОПРОВОДА

В 1980—1981 гг. аналогичное исследование процессов принятия решений при сооружении крупного технического проекта было проведено и во ВНИИСИ АН СССР [5]. Предметом исследования являлась задача выбора трассы магистрального газопровода, близкая к задачам, рассматривавшимся в ИИАСА. Цель исследования состояла в анализе особенностей обсуждения и согласования проекта в нашей стране, включая оценки факторов риска и безопасности.

В процессе проектирования газопровода на территории Западной Грузии рассматривались три варианта трассы: приморский, срединный и предгорный. Сравнение вариантов осуществлялось по десяти основным критериям, включавшим стоимость строительства, его сроки, надежность эксплуатации, безопасность и др.

При изучении процедуры выбора были выделены четыре основных участника процесса выбора трассы газопровода. Прежде всего это заказчик — организация, определяющая задание на проектирование и осуществляющая эксплуатацию газопровода. Далее организация, проектирующая газопровод. Его проект должен быть согласован с региональными властями, которые представляют интересы населения, проживающего в данной местности. Наконец, на выбор трассы оказывает влияние и подрядчик по строительству, осуществляющий строительство газопровода.

При сравнении вариантов трассы каждый участник процесса выбора руководствуется определенными, наиболее важными для него критериями. Например, проектная организация в первую очередь учитывает стоимостные критерии, надежность и безопасность эксплуатации, а подрядчик — сроки и условия строительства.

Процедура выбора трассы состояла в следующем. Проектная организация осуществила анализ, связанный с прокладкой возможных трасс газопровода, и высказалась в пользу примор-

ского варианта. Заказчик и подрядчик высказались в пользу срединного варианта. После рассмотрения вариантов региональными властями последние обратились к заказчику и проектной организации с просьбой найти новое техническое решение, которое могло бы увеличить оценки срединного варианта по критериям безопасности и влияния на окружающую среду, приблизив их к оценкам приморского варианта. В поисках такого решения проектная организация обосновала возможность сокращения охранной зоны газопровода при соответствующем повышении надежности путем увеличения толщины стенок используемых труб. Новое техническое решение позволило уменьшить количество сносимых усадеб, и стоимости срединного и приморского вариантов по критерию приведенных затрат стали близкими, несмотря на некоторое увеличение металлоемкости и стоимости трубопровода. С учетом нового технического решения все участники процесса выбора оценили срединный вариант как наиболее приемлемый.

Одним из критериев, которые учитывались в процессе выбора трассы, являлся критерий безопасности населения. Анализ существующих процедур принятия решений показал, что оценка этого показателя осуществляется экспертами и лицами, принимающими решения, как правило в качественной форме, в виде словесных формулировок. Газопровод, как и большинство других крупных проектов, представляет собой уникальное сооружение. Опыт функционирования других подобных газопроводов не позволяет однозначно определить возможные аварийные ситуации на вновь строящемся объекте, дать точные количественные оценки его безопасности.

Другой особенностью проектирования таких сооружений является малое число возможных вариантов решений (выбора трассы, площадки). Поэтому эксперты предпочитают давать свои оценки этих вариантов в сопоставительной форме («более безопасный вариант» и т. п.). Для ряда критериев такой вид информации является фактически и единственно возможным [1, 5]. Это позволяет сделать вывод, что сравнение небольшого числа вариантов наиболее целесообразно проводить с использованием методов компенсации, на основе попарного сопоставления оценок вариантов решений по отдельным критериям. При этом характерной чертой реального процесса сравнения вариантов являются попытки их пересмотра, улучшения оценки ряда вариантов по некоторым критериям путем поиска новых решений.

Исследования процессов выбора трассы газопровода в СССР стали дополнением к работам, проводившимся в соответствующий период в ИИАСА. Они подтвердили вывод о том, что оценка риска и безопасности является лишь одним из элементов сложной, многокритериальной задачи принятия решений, в анализе которой принимают участие различные государственные и региональные организации.

СЕМИНАР ИИАСА В 1987 г.

В 1986 г. имели место два события, которые заставили вновь обратить внимание на проблемы анализа риска. В феврале 1986 г. произошла авария американского космического корабля «Чэлленджер», которая вызвала сильный общественный резонанс и привела к значительной задержке в выполнении национальной космической программы. В апреле того же года произошла крупная авария на Чернобыльской АЭС, приведшая к человеческим жертвам и большим материальным потерям. В связи с этим в апреле 1987 г. в ИИАСА состоялась Международная конференция «Технологический риск в современном обществе», организованная совместно Институтом и МАГАТЭ. На конференции были рассмотрены следующие основные вопросы:

1. *Управление региональным риском.* При оценке безопасности необходимо учитывать риск от всех технологий, размещенных в рамках исследуемого региона (страны). Концентрация опасных производств на небольшой территории приводит к значительному возрастанию опасности «случае наступления аварии». В настоящее время в ряде стран (например, Нидерланды, Франция) приняты законодательные меры, направленные на регулирование использования новых технологий. В Нидерландах построены карты риска от всех существующих

потенциально опасных предприятий. Определены стандарты, которые должны соблюдать все предприятия, а там, где требуется, и промежуточные стандарты. Решение о постройке нового предприятия принимается лишь после проведения анализа риска, при этом выбор площадки для его строительства определяется уровнями риска от него и близостью населенных пунктов. Аналогично при перевозке опасных веществ рассчитываются маршруты исходя из минимума возможного риска.

В Италии создан Объединенный центр по управлению риском стран—членов ЕЭС. В его функции входят сбор данных об используемых технологиях, разработка мер безопасности, информирование населения, осуществление функций контроля. Для проведения аналитических исследований Центр создает банк данных по всем крупным авариям.

2. *Поведение человека при управлении сложными технологическими объектами.* Анализ крупных аварий подтверждает центральную роль оператора, управляющего сложным объектом. Как правило, аварии становятся результатом неадекватного поведения оператора в нештатной ситуации. В связи с этим в последнее время все большее внимание обращается на изучение процессов принятия решений оператором, его возможностей в чрезвычайных ситуациях. На конференции отмечалось, что ошибки допускаются оператором в основном в непредвиденных ситуациях как следствие его неполного понимания особенностей функционирования объекта. Указывалось, что современные средства обеспечения оператора информацией имеют существенные недостатки (предоставляют ему одновременно только часть необходимой информации, дают ее в неудачной форме, загружают второстепенной информацией). Было высказано предложение использовать для управления сложными объектами группу из двух операторов, один из которых вмешивается в управление лишь в критических ситуациях.

3. *Математическое моделирование и информационное обеспечение задач анализа риска.* Все более широкое распространение получают системы поддержки принятия решений, реализованные на ЭВМ и позволяющие решать широкий класс задач управления и анализа риска [1]. Такие системы дают возможность проводить оперативную оценку влияния аварийной ситуации в рамках определенного региона, представлять в удобной форме возможные варианты решений, направленные на уменьшение ущерба от аварии, прогнозировать развитие событий на отдаленную перспективу. Подобные системы включают в себя различные региональные и экологические модели, а также модели, описывающие распространение различных веществ (химических, радиоактивных) в атмосфере, почве, водоемах. Опыт разработки и апробации таких систем поддержки принятия решений свидетельствует о том, что они являются эффективным средством анализа, прогнозирования и управления аварийными ситуациями.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Появление и развитие новых крупномасштабных технологий является закономерным и долговременным процессом. Перед человечеством стоит задача научиться управлять им, избегая нежелательных последствий. Одним из способов решения этой задачи является разработка новых междисциплинарных методов анализа риска, позволяющих повысить безопасность окружающего нас мира.

Современные средства такого анализа еще во многом несовершенны, в связи с чем необходимо их дальнейшее развитие. Оно должно обеспечить нас возможностью осуществлять исчерпывающий качественный и количественный анализ последствий принимаемых нами решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Емельянов С. В., Ларичев О. И. Многокритериальные методы принятия решений. М., 1985. 32 с.
2. Ларичев О. И., Черкасов Е. П., Мечитов А. И. Работы по анализу риска в Международном институте прикладного системного анализа // Управление и научно-технический прогресс. М., 1982. №5. С. 84-89.
3. Легасов В. Проблемы безопасного развития техносферы // Коммунист. 1987. №8. С. 92—101.

4. Мечитов А. И. Проблемы определения допустимого уровня риска // Проблемы и процедуры принятия решений при многих критериях. М., 1982. С. 42—51.
5. Осередько Ю. С., Ларичев О. И., Мечитов А. И. Исследование процесса выбора трассы магистрального газопровода // Проблемы и процедуры принятия решений при многих критериях. М., 1982. С. 61-73.
6. Fischer D. Lessons from major accidents. IIASA. Executive Rep. 1981. N 6.
7. Fishhoff B. et al. How safe is safe enough? // Science. 1976. N 5.
8. Kunreuther H. Societal decision making for low probability events: Descriptive and prescriptive aspects. IIASA. 1980. WP-80-164.
9. Kunreuther H. et al. A descriptive model of choice for siting facilities: the case of the California LNG terminal. IIASA. 1981. WP-81-106.
10. Lichtenstein S. et al. Calibration of probabilities: the state of art // Proc. of V res. conf. on subjective probability, utility and decision making. Budapest, 1975.
11. Mandle C., Lathrop J. Liquefied energy gas terminal risk: A comparison and Evaluation. IIASA. 1983. RR-83-34.
12. Risk analysis and decision processes / Ed. H. Kunreuther, J. Linnerouth. Springer, 1983.
13. Risk: A seminar series / Ed. H. Kunreuther. IIASA. 1982. CP-82-S2.
14. The risk analysis controversy: An institutional perspective / Ed. H. Kunreuther, E. Ley. Springer, 1982.
15. Tversky A., Kahneman D. Judgement under uncertainty: Heuristics and biases//Science. 1974. Vol. 185.
16. Vlek C., Stallen P. Rational and personal aspects of risk // Proc. of VII res. conf. on subjective probability, utility and decision making. Geteborg, 1979.

Ларичев О. И., Мечитов А. И. Методологические проблемы анализа риска и безопасности использования новых технологий // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник / Под ред. Д. М. Гвишиани, В. Н. Садовского. — № 19. 1987. М.: Наука, 1988.— С. 26–44.

```
@InBook{Larichev_Mechitov_1988,
  author = "Ларичев, О. И. and Мечитов, А. И.",
  title = "Методологические проблемы анализа риска и безопасности
    использования новых технологий",
  booktitle = "Системные исследования. Методологические проблемы.
    Ежегодник",
  publisher = "Наука",
  editor = "Гвишиани, Д. М. and Садовского, В. Н.",
  number = "19. 1987",
  pages = "26--44",
  year = "1988",
  address = "М.",
  language = "russian",
  numpages = "496",
}
```