

Текущие проблемы безопасности атомных энергетических установок: в преддверии международной конференции

М. Розен и Р. Шмидт

Авария на АЭС на острове Три Миля в США привела к тому, что многие страны начали широкие исследования безопасности своих атомных энергетических установок. Сейчас становятся известны результаты этих исследований и проясняются вызывающие беспокойство проблемы безопасности. Наиболее значительными из них являются: аспекты эксплуатационной безопасности, включая квалификацию эксплуатационного персонала и руководства энергосетей, аспекты взаимодействия человек-машина; планирование на случай аварии и аварийная готовность; требования к политике выбора площадок; улучшение и модификация проектов станций; различные возможности международного сотрудничества. Для выяснения, обсуждения и оценки этих важных вопросов Международное агентство по атомной энергии созывает 20-24 октября 1980 года в Стокгольме, Швеция, Международную конференцию по текущим проблемам безопасности атомных энергетических установок. В данной статье ставятся некоторые вопросы, о которых будет идти речь на конференции.

ПРЕДПОСЫЛКИ

В настоящее время 22 государства на 235 эксплуатируемых атомных энергетических установках вырабатывают 7% мировой электроэнергии. С учетом станций, находящихся сейчас на различных стадиях строительства, число таких государств к 1990 году возрастет до 35; около 15% необходимой электроэнергии в тот период будет производиться 540 энергетическими реакторами общей мощностью 400 000 МВт (эл.) (см. рис. 1). За более чем 20-летний период с начала коммерческого использования атомной энергии не было отмечено вредного воздействия на физическое здоровье населения.

Радиоактивность, выбрасываемая при малочисленных более серьезных авариях на этих станциях, обычно полностью удерживалась барьерами станции. И действительно, на станции на острове Три Миля концепция защиты в глубину, предусматривающая наличие многочисленных барьеров между радиоактивностью и окружающей средой, обеспечила почти полное удержание радиоактивных веществ внутри станции. Тем

Д-р Розен — заместитель директора Отдела ядерной безопасности и защиты окружающей среды МАГАТЭ; г-н Шмидт — старший научный сотрудник Отдела ядерной энергетики и реакторов МАГАТЭ.

ЧИСЛО РАБОТАЮЩИХ
СТАНЦИЙ

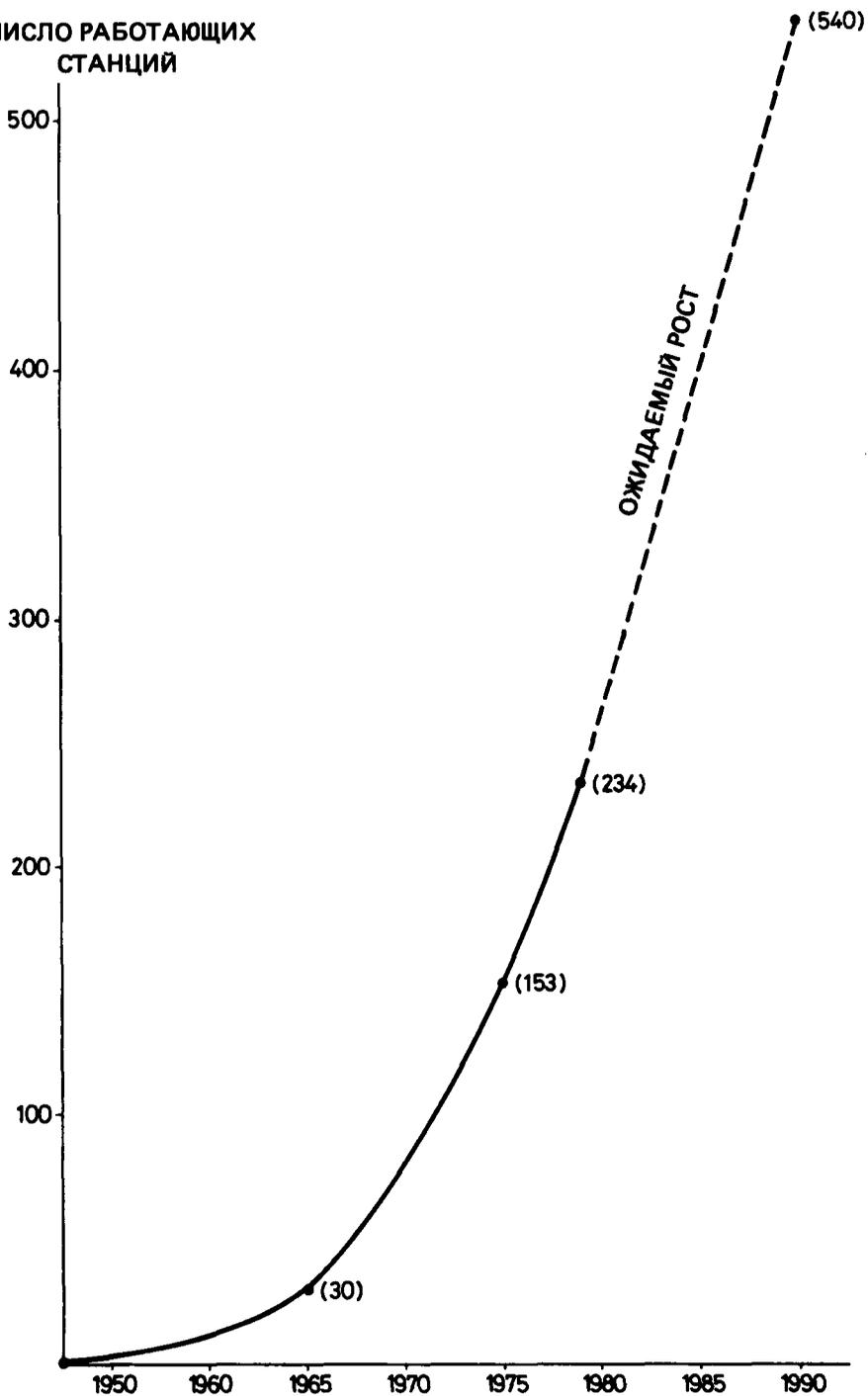


Рисунок 1. Атомные энергетические установки мира.

Рисунок 2. Темы Международной конференции по текущим проблемам безопасности атомных энергетических установок, 20-24 октября, Стокгольм.

Структура конференции

- Пленарные заседания исключительно для заслушивания заказанных сообщений, обсуждения за круглым столом и параллельные технические заседания для заслушивания вспомогательных докладов.

Тематика

- Оценка существенных аварий на атомных энергетических установках и их влияние на программы атомной энергетики
- Современные тенденции в национальном регулировании атомной энергии и программы исследований в области безопасности
- Тенденции философии проектирования и анализа аварий, направленные на повышение безопасности
- Эксплуатация атомных энергетических установок в условиях повышения ответственности и квалификации руководства и подготовка эксплуатационного персонала
- Готовность на случай аварии на станции и вне ее
- Международное сотрудничество по распространению опыта, разработка норм, координация исследований по вопросам безопасности и оказание помощи при авариях, настоящая и будущая роль международных организаций
- Специальные доклады по выбранному ряду тем, касающихся безопасности, которые приводятся ниже.

Вспомогательные доклады для технических заседаний

- Подробная оценка происшествия и аварии и соответствующих аварийных мероприятий
- Проектирование улучшенных систем безопасности
- Проектирование эксплуатации в аварийных ситуациях
- Подготовка операторов для предотвращения и смягчения последствий аварий
- Аварии с потерей теплоносителя при малых течах
- Спецификация и классификация оборудования обеспечения безопасности
- Новое в области аварийных и послеаварийных измерений
- Концепции радиационной защиты в свете нового опыта

не менее авария 28 марта 1979 года драматически сконцентрировала внимание международной общественности на возможности серьезных аварий на атомных энергетических установках с вероятностью радиоактивного выброса в районы, окружающие станцию. В результате ядерная безопасность заняла наиболее заметное место при обсуждении проблем атомной энергетики. Очевидно, что объем будущего использования атомной энергии в мировом масштабе зависит как от принимаемых решений, так и от уверенности общественности в том, что атомные энергетические

установки проектируются, сооружаются и эксплуатируются таким образом, что они являются безопасными.

Прошел почти год с момента аварии на станции на острове Три Миля, и становятся известны результаты широких исследований безопасности атомных энергетических установок, проведенные многими странами. Чтобы обеспечить форум для представления наибольшего числа современных воззрений на вопросы ядерной безопасности, МАГАТЭ решило созвать международную конференцию для выяснения, обсуждения и оценки этих важных вопросов. Конференция сведет воедино знания и опыт, которые международное сотрудничество накопило в течение более двух десятилетий коммерческого использования атомной энергии. Будут проведены пленарные заседания с обширными докладами для официальных представителей высокого ранга и составителей планов, а также тематические заседания для представления более детальных дополнительных поясняющих материалов (см. рис.2).

Из многих вопросов безопасности, которые можно было бы отобрать для обсуждения, предпочтение будет отдано наиболее неотложным и важным. Они, безусловно, включают:

- аспекты эксплуатационной безопасности;
- планирование на случай аварии и аварийную готовность;
- требования к методике выбора площадок;
- усовершенствование и модификацию проектов станций;
- международное сотрудничество.

АСПЕКТЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

С точки зрения общественной безопасности 1800 реакторо-лет эксплуатационного опыта, накопленного 235 существующими коммерческими атомными энергетическими установками мира, были в основном успешными. Как можно ожидать от любой сложной системы, были случаи отказа оборудования и ошибки персонала. Однако почти все имевшие место аварии можно было бы классифицировать с точки зрения радиационной безопасности как имеющие относительно малое значение, так как они вылились в первую очередь в эксплуатационные проблемы и экономические потери, не приведя к ущербу для здоровья людей. С другой стороны, эти события дали ценный опыт, так как их изучение может привести к лучшему пониманию причин и к предотвращению более серьезных аварий (см. таблицу 1).

Общей чертой многих происшедших на сегодняшний день аварий является решающее значение субъективного фактора. Ошибки персонала были во многих случаях непосредственной причиной аварий и имели существенное значение для определения путей развития событий. Хотя авария на станции на острове Три Миля была результатом комплекса факторов (отказы оборудования, проектные ошибки, а также ошибка оператора), главным недостатком в области безопасности реактора, вызванным аварией, был тот факт, что на всех уровнях и всех участках атомной промышленности не уделялось должного внимания вопросам обеспечения безопасной эксплуатации, и, возможно, в первую очередь — вопросам деятельности человека и его основной роли в предотвращении аварий и реакции на них. Прежде основное внимание уделялось разработке безопасного проекта.

Таблица 1. Некоторые серьезные аварии на атомных энергетических установках

Год	Станция	Причина	Результат
1966	Ферми (США – 60 МВт (эл.))	Проектная ошибка	Повреждение активной зоны
1969	Сен-Лоран (Франция – 500 МВт (эл.))	Ошибка персонала	Повреждение активной зоны
1974	Вюргассен (ФРГ – 640 МВт (эл.))	Ошибка персонала Отказ оборудования Проектная ошибка	Повреждение защитной оболочки
1975	Браунс-Ферри I и II (США – 1100 МВт (эл.))	Ошибка персонала	Повреждение основного оборудования
1979	О. Три Мили (США – 900 МВт (эл.))	Ошибка персонала Отказ оборудования Проектная ошибка	Повреждение активной зоны
1979	Ойстер-Крик (США – 650 МВт (эл.))	Отказ оборудования Проектная ошибка	Возможное осушение активной зоны

Поэтому наиболее важные извлеченные уроки относятся к общим областям эксплуатационной безопасности, включая, например:

- роль руководства энергосети и его технического вспомогательного персонала;
- квалификацию и подготовку эксплуатационного персонала;
- адекватность аварийных эксплуатационных процедур;
- оценку и обратную связь эксплуатационного опыта;
- взаимодействие человек-машина.

В большинстве стран производство электроэнергии на АЭС осуществляется под руководством той же администрации энергосетей, которая руководит и более обычными средствами производства электроэнергии. Атомная энергия, однако, требует специального руководства и специальной эксплуатационной квалификации, равно как и обширной системы поддержки со стороны технически квалифицированных ученых и инженеров. В ряде стран в настоящее время интенсивно пересматриваются вопросы подготовки и квалификации операторов реакторов с учетом более четкого определения основных требований к образованию. Подготовка операторов в будущем предусматривает усиление роли имитаторов реактора, которые должны иметь в числе своих программ более широкий комплекс аварийных ситуаций. В области взаимодействия человек-машина признание важной роли конструкции помещения щита управления находит отражение в учете таких аспектов, как адекватность информа-

ции, поступающей к оператору, группирование дисплеев и расположение панелей, а также связь помещения щита управления с внешними пунктами. Вопрос о предпосылках ручного или автоматического включения систем безопасности пересматривается с учетом развития событий на станции на острове Три Мили.

ПЛАНИРОВАНИЕ НА СЛУЧАЙ АВАРИИ И АВАРИЙНАЯ ГОТОВНОСТЬ

В случае серьезной аварии конечные меры, принимаемые для предотвращения выброса радиоактивности, следует перечислить в эффективной программе планирования на случай аварии и аварийной готовности. Тем не менее эта деятельность не пользовалась достаточным приоритетом в атомной промышленности или на правительственном уровне. Ресурсы и фонды, расходуемые на эти нужды, в процентах от фондов, используемых на сооружение, эксплуатацию и обслуживание атомных установок, несомненно, были сравнительно малы. Причины этого были различны, но нет необходимости говорить, что эта ситуация сейчас меняется в результате событий на станции на острове Три Мили.

Для большинства атомных электростанций и их окрестностей разработаны различного типа планы на случай аварии. На станции на острове Три Мили такие планы имелись для станции, на федеральном уровне, уровне штата и местного управления. Эти планы включали внутростанционные противоаварийные мероприятия для защиты персонала станции и оборудования и внешние противоаварийные мероприятия для защиты населения и окружающей среды. Однако эти планы оказались неудовлетворительными. Сложности реальной критической ситуации в реальной обстановке не были полностью учтены. Не были четко определены ни потенциально привлекаемые организации, ни и их ответственность и полномочия.

Имелись недостатки в процедурах аварийного оповещения, возможностях связи и оповещения населения. Выявились проблемы в области обеспечения оборудования и услуг, и один очевидный урок заключается в необходимости знать заранее, что именно потребуется и где это можно найти.

Усилия, направленные на проведение эффективного планирования на случай аварии и обеспечение аварийной готовности предпринимаются в настоящее время как на национальном, так и на международном уровнях. МАГАТЭ ускорило свою программу разработки процедур, призванных обеспечить в случае аварии на атомной электростанции скорейшее использование специальных ресурсов (людей, оборудования и услуг), которые могут потребоваться для оказания помощи при ликвидации аварии. При планировании мероприятий на случай аварии на атомной электростанции может быть выделено четыре этапа, как это показано на рис. 3.

Для этих четырех этапов могут быть четко определены необходимые ресурсы в рабочей силе, оборудовании и услугах, и может быть разработана программа по обеспечению наличия и использования этих ресурсов и по содействию ликвидации аварии.

ТРЕБОВАНИЯ К ПОЛИТИКЕ ВЫБОРА ПЛОЩАДОК

Страны, в которых осуществляются программы коммерческой атомной энергетики, вначале выбирали площадки главным образом в местах, удаленных от густонаселенных районов. Исходя из благоприятного опыта эксплуатации и развития техно-

Рисунок 3. Этапы аварии

Этап	Планирование и готовность	Непосредственно авария	Промежуточная оценка	Длительное восстановление
Период времени	годы	от нескольких секунд до нескольких часов	от нескольких минут до нескольких дней	от нескольких дней до нескольких лет
Действия	Оценка ресурсов: люди материалы услуги	Местные ресурсы и местные возможности	Местные и международные ресурсы	

логии, некоторые из этих стран начали выбирать площадки ближе к районам с более высокой плотностью населения. Проявились различные подходы к вопросу о выборе площадки, как это показано на рис.4. Некоторые страны установили запретные зоны, в которых не разрешается постоянное проживание населения, и ограниченные зоны, в пределах которых уровни постоянно проживающего населения должны оставаться низкими. Ограничения потенциальной индивидуальной и коллективной дозы облучения населения могут определяться с учетом этих критериев.

Рисунок 4. Типичная национальная практика выбора площадок

Страна	Запретная зона	Ограниченная зона	Примечания
Канада	1 км		Используются также ограничения индивидуальной и коллективной дозы
ЧССР	0,5 км		Типовая величина
Индия	1,6 км	5 км	Отсутствие населенных пунктов с числом жителей более 16 тыс. человек на расстоянии менее 16 км по преобладающему направлению ветра
Италия	0,8-1 км		Принятая типовая величина
США	0,65 км	5 км Малонаселенная зона	Приемлемая величина для станций, разрешенных к строительству в 60-х и в начале 70-х годов
СССР	3 км		Типовая величина

Обычно выбор площадки для атомной энергетической установки обсуждается более тщательно и носит более ограничительный характер, чем выбор площадок для других типов промышленных установок. Для атомных электростанций возможное радиологическое воздействие на жителей окружающего района оценивается как для условий нормальной эксплуатации, так и для возможных аварийных условий. Последствия серьезных выбросов радиоактивности зависят не только от распределения населения, но и от метеорологических и топографических условий, от характера экономической и социальной деятельности в окружающем станцию районе. Оценка площадки должна учитывать не только общее число жителей в непосредственной близости к станции, но и число жителей в прилегающих районах, особенно в подветренных секторах с учетом преобладающего направления ветра. Транспорт, связь, наличие школ, больниц, тюрем или других крупных заведений вблизи площадки приобретают важное значение при выполнении аварийных мероприятий в случае серьезной аварии.

К выбору площадки относится и ряд других вопросов. Например, поскольку людям потенциально предоставляется дополнительная защита в результате удаления от атомной электростанции, следует ли размещать станцию вдали от населенных пунктов? Необходимо иметь в виду, что во многих странах значительное удаление площадок невозможно. Следует ли проектировать станции с защитой от более серьезных аварий, чем нынешние проектные аварии, т.е. с учетом выбросов радиоактивности, превышающих существующие проектные основы? Следует ли улучшить проектирование безопасности систем обеспечения путем принятия таких идей, как взрывобезопасная система охлаждения реактора для предотвращения аварий с большой потерей теплоносителя и в целях дальнейшего снижения риска? Перед нами всегда будет стоять вопрос о том, насколько безопасно то, что мы считаем достаточно безопасным.

Ответы на эти вопросы зависят отчасти от основного вопроса о соотношении риска и выгоды. Нулевой риск невозможен, ибо вся человеческая деятельность в некоторой степени связана с риском. Расчет риска столь же труден, как и определение типа и степени приемлемого для населения риска. Было рассчитано, что теоретический риск для здоровья человека в результате эксплуатации атомных энергетических установок намного меньше, чем риск в результате осуществления других видов крупномасштабной промышленной деятельности и других способов производства электроэнергии, таких, как станции на ископаемом топливе и гидроэлектростанции.

УЛУЧШЕНИЕ И МОДИФИКАЦИЯ ПРОЕКТОВ СТАНЦИЙ

Системы безопасности, используемые на атомных энергетических установках, спроектированы для контролирования и ограничения последствий даже самых серьезных аварий, так называемых максимальных проектных аварий, которые могут привести к обширному повреждению активной зоны и выходу радиоактивности из топлива. На сегодняшний день, по истечению 1800 реакторо-лет эксплуатации, не было отмечено аварий, развивавшихся по пути, который можно было бы назвать классической максимальной проектной аварией; последняя представляет собой большой разрыв герметичности первого контура, приводящий к быстрой потере необходимого теплоносителя. В действительности произошло лишь несколько аварий, потребо-

вавших приведения в действие систем безопасности. С другой стороны, авария на электростанции на острове Три Мили показала, что отдельные внешние незначительные события, если они совпадают с недостатками приборного оборудования и ошибкой оператора, могут привести к серьезным авариям. Теперь ясно, что значение аварий меньшего масштаба не атомных энергетических установках изучено недостаточно.

Будет уделяться больше внимания аналитическому изучению аварий (это уже является традицией в области обеспечения безопасности атомных энергетических установок) с увеличением охвата и глубины анализа. Эти новые исследования будут сосредоточены на рассмотрении более широкого и более детального диапазона возможных исходных событий и важных отказов и на важной области взаимодействия человек-машина. Будут использоваться как усложненный вероятностный анализ, так и методы машинного моделирования. Для поддержки этих усилий будет более широко использоваться реальный опыт эксплуатируемых станций. Этот опыт сейчас вводится для оценки в машинные банки данных.

Новая информация, полученная в результате этих исследований, будет включаться в обзоры по вопросам безопасности с целью улучшения характеристик эксплуатируемых и будущих станций. Хотя на эксплуатируемых ныне атомных энергетических установках не ожидается драматических изменений, будут, несомненно, внесены изменения в эксплуатационные процедуры, в схемы измерения и автоматики, будут улучшены методы обеспечения качества для увеличения надежности оборудования. Однако необходимо рассмотреть и некоторые усовершенствования и модификации станций. К ним относятся: обеспечение удаления водорода из первого контура, возврат радиоактивных протечек в защитную оболочку, улучшение измерений (тип и диапазон), контроль послеаварийного водорода и контроль сброса из-под защитной оболочки для обработки основных радиоактивных выбросов. К более специфическим изменениям для проекта станции на острове Три Мили относятся такие, как обеспечение аварийных источников энергии для подогревателей питающей воды, сигналов локализации защитной оболочки и обеспечение качества вне защитной оболочки, особенно в отношении систем, связанных с обеспечением безопасности.

МЕЖДУНАРОДНОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО

Обширная деятельность по вопросам безопасности проводилась на основе двусторонних и многосторонних международных соглашений и под эгидой таких международных организаций и комитетов, как МАГАТЭ, СЭВ, АЯЭ, КЕС и МКРЗ. Имеются области, которые особенно благоприятны для международного сотрудничества, такие, как обмен информацией по вопросам безопасности, исследования по безопасности и помощь при авариях.

По мере накопления эксплуатационного опыта и возрастания качества связанной с безопасностью информации распространение их в интересах всего международного сообщества позволит не только учитывать их при улучшении проектов, но также будет способствовать безопасной эксплуатации. 19 развивающихся стран, которые будут эксплуатировать атомные энергетические установки в 1990 году, определенно будут нуждаться в доступе к информации, относящейся к опыту эксплуатации. Банки данных, содержащие эту информацию, могут быть созданы только в условиях открытого обмена информацией между всеми странами, и этому могут содействовать международные организации.

Международное сотрудничество в области исследований по безопасности может быть явно выгодным не только для совместного осуществления проектов исследования проблем безопасности, но и в области обмена информацией об исследованиях по вопросам безопасности. Для обсуждения результатов и планирования новых проектов могут созываться периодические совещания экспертов различных стран.

Аспекты аварийной помощи предлагают еще одну возможность сотрудничества. Большая, разнообразная и сложная работа по обеспечению аварийных ресурсов в виде рабочей силы, товаров и услуг может быть облегчена в результате соответствующего предварительного планирования. Эти ресурсы могут быть идентифицированы и могут быть определены средства их получения. Согласованные на международном уровне критерии и нормы безопасности, разрабатываемые МАГАТЭ, являются хорошим примером сотрудничества для обеспечения минимального приемлемого уровня безопасности во всем мире. Другие действующие программы помощи государствам-членам включают направление краткосрочных и долгосрочных консультативных миссий по вопросам безопасности и экспертов по безопасности, проведение учебных курсов и семинаров по различным аспектам безопасности и регулирования атомной энергии. Эти программы могут оставаться основным элементом международных усилий в области обеспечения безопасности.