

Новые данные о вероятностной оценке безопасности

Майкл Каллингфорд

Вероятностная оценка безопасности (ВОБ) находит широкое применение во всем мире. 30 государств-членов МАГАТЭ имеют значительные программы в этой области. Основная причина популярности ВОБ заключается в том, что она вводит критический взгляд в процесс принятия решений, связанных с безопасностью, чего нет ни в одном другом методе. ВОБ позволяет проектировщикам, регламентирующим организациям и операторам атомных электростанций разделять проблемы на важные (для обеспечения безопасности) и на незначительные. Полезно совершенствовать ВОБ с целью использования результатов проводимых исследований, но особенно важно осознать, что сам по себе процесс ВОБ является ценным опытом.

На семинаре МАГАТЭ по применению вероятностной оценки риска, проведенном в начале этого года в Блэкуле, Великобритания, использование ВОБ в подготовке соответствующих решений было в центре внимания многих выступавших. Среди них был профессор Леонард Константинов — заместитель Генерального директора МАГАТЭ по Департаменту ядерной энергии и безопасности. Он указал на то, что Агентство предпочитает употреблять термин „вероятностная оценка безопасности“ потому, что он является наиболее подходящим для описания его использования.

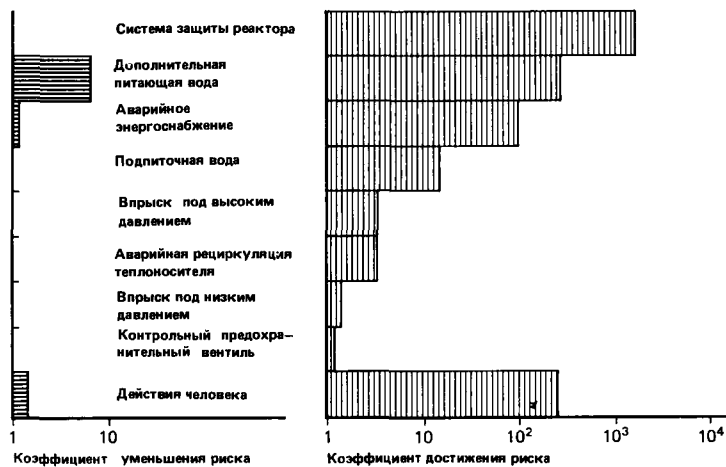
Из многих полезных сторон ВОБ вероятность расплавления активной зоны, обозначаемая обычно $P_{см}$, не является самой значительной. На это обратил внимание профессор Константинов, который выра-

зил тревогу, указав на результаты по $P_{см}$ в 22-х ВОБ, составленных на конец 1983 г. Он выразил мнение, что следует проявлять осторожность при сравнении оценок по $P_{см}$ для различных станций из-за неточности этих оценок. Неточность в величинах $P_{см}$, вызываемую неопределенностями, следует отнести за счет различий в используемых аналитических методах, конструкции и эксплуатации, а также в характеристиках площадок, исследуемых станций.

Возможные виды применения ВОБ

Одним из наиболее значительных вкладов ВОБ в ядерную безопасность является идентификация тех последовательностей в авариях, которые в наибольшей мере дают вклад в $P_{см}$ для конкретной станции. Такие последовательности называются преобладающими. Знание преобладающих последовательностей можно использовать для определения относительной важности систем АЭС. Профессор Константинов рассказал о таком использовании ВОБ и привел диаграмму (прилагается), на которой показаны результаты исследования для конкретной станции. Отмечаются два важных параметра: коэффициент уменьшения риска, полезный для определения приоритетов в деле дальнейшего развития, и коэффициент достижения риска. Коэффициент уменьшения риска — это фактор, благодаря которому $P_{см}$ может быть уменьшен в результате совершенствования надежности системы. Коэффициент достижения риска — фактор, благодаря которому $P_{см}$ будет увеличиваться, если та или иная система не действенна. Это пример полезного применения ВОБ в деле

Г-н Каллингфорд — сотрудник Секции оценки риска Отдела ядерной безопасности.



Коэффициенты уменьшения риска (слева на рисунке) и коэффициенты достижения риска (справа на рисунке) могут использоваться для определения относительного значения реакторных систем.

принятия решений по безопасности, но профессор Константинов указал и на трудности в получении таких коэффициентов риска.

Оценки безопасности и другая польза

Вся польза от исследований по ВОБ не всегда признается в полной мере. На семинаре указывались многие возможные виды применения ВОБ, но лишь в некоторых докладах сообщалось о практическом опыте.

Возможные виды использования ВОБ показаны в таблице. Желанием заказчика атомной электростанции часто бывает обеспечение возможности самостоятельной оценки безопасности, ВОБ — эффективное средство для такой оценки, позволяющей идентифицировать соответствующие данные и степень их точности, необходимой для того, чтобы получить проект безопасной АЭС.

Знание преобладающих последовательностей в авариях позволяет идентифицировать важнейшие системы и их компоненты, а также ошибки человека. Эта информация может быть использована в:

- оценке значимости аномальных ситуаций для безопасности
- подготовке операторов (включая учебное принятие решений на тренажерах, в которые введены последовательности, идентифицированные ВОБ)
- совершенствовании проектов
- разработке стандартов и правил
- распределении времени инспекторов АЭС для того, чтобы сосредоточить внимание на значимых компонентах безопасности, системах и на процедурах испытаний и технического обслуживания
- идентифицировании неопределенностей, которые имеют большое значение и могут стать основой для определения приоритетов в исследованиях

Кроме того, при обсуждении вопросов безопасности предлагаемой станции ВОБ может служить фокусом тех проблем, решение которых ведет к эффективному устранению неясностей. В докладе приводился интересный в этом плане пример, в котором описывалось применение ВОБ при лицензировании для английского реактора с водой под давлением Сайзуэлл „В”.

Во многих регламентационных решениях используется также экономическая эффективность (путем максимизации коэффициента риска, уменьшенного на стоимость сокращения риска).

Наконец, ВОБ служит в качестве отправной точки в определении риска и методологической модели при принятии решений по эксплуатации и демонстрации соответствия целям безопасности. Такая специфическая модель ВОБ станции может применяться для принятия решений по безопасности в течение всего срока службы станции. Роль этой модели будет со временем расти, поскольку вводимые в модель данные по эксплуатации станции будут уменьшать неопределенности и обеспечат большее соответствие по величинам.

Доклады, в которых сообщалось о практическом опыте, касались оптимизации конструкции систем, технических спецификаций, простоя из-за ремонта, помощи в принятии решения, связанного с распределением средств среди нескольких строящихся атомных электростанций.

Возможные результаты ВОБ и виды ее применения

Результаты

- Спецификация данных
- Основной вклад в определение последовательностей в авариях, значения компонентов систем и действий человека
- Слабые места в конструкции станции или ее эксплуатации
- Основной вклад в неопределенности
- Система вовлечения
- Экономическая эффективность
- Общий риск и методология

Виды применения

- Оценка безопасности проекта станции
- Оценка аварии, подготовка операторов
- Применение стандартов и правил к объектам, имеющим значение для безопасности
- Оптимизация по времени деятельности инспекторов станции
- Усовершенствование проектов
- Определение приоритетов в исследованиях
- Эффективный контакт с общественностью
- Регламентационные решения
- Эксплуатация, соответствие целям безопасности, более глубокое понимание проблем безопасности

Отношение к неопределенностям

Семинар подробно рассмотрел пути обращения с неопределенностями, свойственными ВОБ на ее текущей стадии развития. Хотя исследования с ВОБ, включающие крупные неопределенности, их уменьшение и способы обращения, дают много хороших результатов, неопределенности желательны.

Источниками неопределенностей обычно являются вариации параметров, моделирование и незавершенность. К вариациям параметров относятся частота выхода из строя обычных частей оборудования (насосы, задвижки, трубопроводы, сосуды), частота ошибок человека, пространственные и временные изменения в основных свойствах. Если не считать ошибок человека, то неопределенности, связанные с вариациями параметров, сравнительно незначительны благодаря большому накопленному опыту. Частота выхода из строя уникальных частей оборудования обычно экстраполируется из поведения другого аналогичного оборудования.

Методы анализирования неопределенностей, связанных с изменчивостью данных, являются в достаточной мере зрелыми. Методы, применяемые для оценки неопределенностей в основных данных и для их анализирования, отличаются по философским подходам, но тем не менее могут дать аналогичные результаты, особенно при наличии широкой базы данных.

Неопределенности, связанные с моделируемыми предположениями, приписываются обычно исследо-



На семинаре в Блэкпуле. Сопревание экспертов (слева: Ф. Аллен (Великобритания), М.К. Каллингфорд (МАГАТЭ), Дж. Х. Гиттус (Великобритания), Л.В. Константинов, заместитель Генерального директора МАГАТЭ по Департаменту ядерной энергии и безопасности, М. Хейнс (Великобритания), Дж. А. Пит (Великобритания) и Х. Бэхоум (МАГАТЭ)).

заниям по чувствительности, показывающим расхождение в результатах, получаемых на различных моделях. Модели с наибольшими изменениями подлежат более тщательному изучению и, возможно, дальнейшим исследованиям.

Ошибки человека — важный фактор при эксплуатации, управлении, техническом обслуживании и испытании оборудования практически во всех видах промышленной деятельности. Определено, что в гражданском воздушном флоте и в химической промышленности 90 % аварий связано с действием людей. Взаимодействие людей — основной источник неопределенности в ВОБ, поскольку люди могут считать правильными различные действия, каждый выполняет работу по-своему, поступки людей — независимы, и могут совершаться ошибки как при выполнении действий, так и при бездеятельности.

Тенденции развития и выводы

Предполагается, что в будущем сохранится тенденция частичного использования ВОБ для принятия решений по безопасности. Однако потребуются лучшее использование опыта эксплуатации станции при вероятностной оценке безопасности конкретных станций для постоянного повышения эффективности моделей ВОБ. Больше внимания должно уделяться совершенствованию моделирования выполнения человеком своей работы. С другой стороны,

сами результаты ВОБ могут совершенствоваться это исполнение путем использования экспертных систем в режиме „on-line“ с целью помочь оператору справиться с авариями.

ВОБ достигла такой стадии зрелости, что некоторые аналитические подходы могут быть стандартизованы.

Уменьшение неопределенностей в количественных результатах определения риска будет способствовать лучшему внедрению ВОБ в критерии безопасности и процессы лицензирования. Опыт использования ВОБ за последние 10 лет показывает, что необходимо применять эти методы для дополнения детерминистских критериев безопасности. ВОБ позволяет понимать наиболее важные проблемы, связанные с безопасностью, которые не могут быть получены никакими другими методами. Это связано с тем, что усовершенствования станции должны касаться тех областей, которые могут оказать значительное влияние на потенциально серьезную аварию и высокую вероятность неисправности. С помощью оценки безопасности, не основанной на ВОБ, могут быть идентифицированы части станции, имеющие лишь одну или ни одной из этих характеристик.

Оценка аномальных явлений — важная область, которая может получить пользу от применения ВОБ. МАГАТЭ может предоставлять государствам-членам информацию и соответствующие средства для применения ВОБ в деле совершенствования процесса принятия решений по безопасности.