Укрощение строптивого

или Что сделано и делается для повышения безопасности действующих атомных электростанций с реакторами РБМК?

Чернобыльская катастрофа всколыхнула общественное мнение в СССР и сформировала его четко отрицательную направленность по отношению к атомной энергетике. Люди обеспокоены безопасностью действующих атомных электростанций и отвергают строительство новых ядерных энергоблоков. Более четырех лет прошло с момента аварии на Чернобыльской АЭС, но острота восприятия этой трагедии, накал страстей вокруг нее не снижаются.

К сожалению, в средствах массовой информации недостаточно освещалась та огромная работа, которая была проделана и ведется в настоящее время специалистами по анализу причин чернобыльской аварии и повышению безопасности действующих АЭС с реакторами РБМК. Постараемся, до некоторой степени, восполнить этот пробел, избегая излишней детализации.

Прежде чем перейти к описанию уже выполненных и планируемых мероприятий по повышению безопасности АЭС с реакторами РБМК, необходимы некоторые пояснения. Как известно, авария на 4-м блоке Чернобыльской АЭС явилась следствием маловероятного наложения грубейших ошибок персонала, которые последовательно совершались в течение 12 часов. В результате реактор был приведен в такое неустойчивое состояние, когда защитные системы безопасности оказались неспособными предотвратить катастрофу. Но надо отметить также и то, что в этом неустойчивом состоянии проявились негативные свойства реактора РБМК. К таким особенностям РБМК прежде всего относятся наличие положительного парового коэффициента реактивности и низкая скорость ввода управляющих стержней в активную зону реактора.

Для охлаждения топлива в реакторе используется кипящая вода, которая за счет выделяющейся в реакторе энергии превращается в пароводяную смесь. При замещении воды на пар увеличивается интенсивность цепной реакции и растет мощность. Рост мощности вызывает рост содержания пара в активной зоне, это в свою очередь вызывает дополнительный рост мощности и т. д. Это свойство и называется положительным паровым коэффициентом реактивности. Если своевременно не срабатывает аварийная защита, которая вводит в реактор стержни, поглощающие нейтроны, для прекращения ядерной цепной реакции, то мощность в течение нескольких секунд может возрасти в десятки раз и разрушить реактор.

Принятая конструкторами скорость погружения управляющих стержней (18 секунд) обеспечивала заглушение реактора РБМК во всех возможных аварийных ситуациях. Более 50 ситуаций были подвергнуты анализу при создании реактора. Но случилось немыслимое. Создатели РБМК не предполагали, что профессионально подготовленный к работе на ядерном реакторе персонал сможет построить такую пирамиду ошибок и допустит столь откровенное пренебрежение к требованиям эксплуатационного регламента. Чернобыль доказал, что нужно анализировать еще и немыслимые ситуации, связанные с учетом так называемого человеческого фактора.

Ошибки персонала, и тем более наложение нескольких ошибок, требуют с одной стороны защищенности реактора автоматическими средствами от недопустимого изменения параметров, а с другой стороны — защищенности реактора от несанкционированного вмешательства человека в работу этих средств обеспечения безопасности. Недостаточная оснащенность реактора РБМК как средствами автоматической защиты (например, от недопустимого уменьшения числа погруженных управляющих стержней), так и техническими средствами, не допускающими отключения этих защит, — вот еще один конструктивный недостаток чернобыльского энергоблока. Нужно не только защитить реактор автоматикой, но и обеспечить невозможность ее произвольного отключения.

На первом этапе проведения мероприятий по повышению безопасности АЭС с реакторами РБМК, помимо экстренных мер, предпринятых сразу же после аварии и касающихся ужесточения эксплуатационного регламента, внимание ученых, конструкторов и проектировщиков было сосредоточено на устранении перечисленных выше недостатков реактора. Для снижения величины положительного парового коэффициента реактивности в каждый реактор

реактора,

РБМК было установлено в среднем 80 дополнительных стержней-поглотителей, изготовленных из бористой стали. Как известно, бор интенсивно поглощает нейтроны. Эти стержни-поглотители позволили снизить паровой коэффициент реактивности в 3 — 4 раза (с 4 условных единиц до 1). Минимально допустимое число погруженных в активную зону управляющих стержней было увеличено с 15 до 30 штук (к моменту аварии на Чернобыльской АЭС их было в активной зоне 6 — 8). В настоящее время на всех реакторах РБМК создано устройство, которое в любом состоянии реактора показывает число погруженных стержней — так называемый запас реактивности.

Для повышения быстродействия системы аварийной защиты (БАЗ) были модернизированы электрические приводы, с помощью которых вводят или выводят управляющие стержни в активную зону. В результате время полного введения стержней в реактор по сигналам аварийной защиты было сокращено с 18 до 10 секунд. Позднее, чтобы обеспечить надежное заглушение реактора в любой момент пусть даже невероятной ситуации, была разработана специальная быстродействующая аварийная защита (БАЗ). 24 поглощающих стержня БАЗ способны заглушить реактор всего за 2,5 секунды. Опытные образцы БАЗ в течение 1987 года успешно прошли испытания на реакторах РБМК Ленинградской и Игналинской АЭС, а в 1989 году было завершено оснащение системой БАЗ всех 15 действующих в стране реакторов РБМК. В период монтажа системой БАЗ был оснащен реактор 3-го блока Смоленской АЭС, введенный в эксплуатацию в 1990 г.

Чтобы исключить возможность несанкционированного вывода из работы аварийных защит реактора, что к несчастью имело место 26 апреля 1986 г. на 4-м блоке Чернобыльской АЭС, на пульте оператора на всех АЭС с реакторами РБМК смонтировано световое табло, автоматически фиксирующее отключение любой из аварийных защит по любому параметру без возможности вмешательства персонала в работу табло.

Ко второму этапу реализации мер по повышению безопасности реакторов РБМК относятся мероприятия, которые требуют дополнительных конструкторских и проектных работ, выполнения стендовых и реакторных испытаний, создания новых средств автоматики. Их внедрение на действующих АЭС с реакторами РБМК осуществляется по мере окончания разработки и испытаний.

С целью доведения парового коэффициента реактивности до близкого к нулю значения во все реакторы РБМК загружается ядерное топливо с более высоким содержанием делящегося изотопа урана-235 (2,4 процента вместо прежних 2 процентов). В настоящее время уже заменено более половины ядерного топлива реакторов РБМК на топливо с повышенным содержанием урана-235. В результате такой замены топлива уже достигнуто снижение парового коэффициента реактивности до 0,7 условных единиц, а позднее, после полной замены топлива, предполагается довести его до 0,1—0,3.

Следующим шагом по обеспечению безопасности реактора РБМК будет создание системы автоматического заглушения реактора в случае снижения числа управляющих стержней в активной зоне менее 30. На 1990—1991 гг. намечено создание специальных систем диагностики состояния металла оборудования АЭС. Во всем мире системам диагностики придается сейчас решающее значение, поскольку их главная задача — предупредить аварию. В последнее время ужесточены требования к сейсмостойкости оборудования и строительных конструкций АЭС. В случае, если оборудование или приборы не выдерживают заданное воздействие в результате испытаний на специально созданном вибрационном стенде, они заменяются на всех АЭС на сейсмостойкие изделия аналогичного назначения.

После чернобыльской аварии была проведена переподготовка и аттестация эксплуатационного персонала всех действующих АЭС. Большие усилия и средства направлены на создание учебно-тренировочных центров по подготовке персонала. С помощью современной электроники на пульте управления тренажера создаются самые различные ситуации, включая аварийные, чтобы подготовить операторов к правильным действиям в экстремальных ситуациях. Применительно к реактору РБМК такой тренажер уже действует на Смоленской АЭС.

Изучение причин чернобыльской аварии было начато уже в первые дни, а в августе 1986 г. советские специалисты выступали на совещании экспертов МАГАТЭ с информацией по аварии и ее последствиям. После этого совещания к анализу аварии подключатся специалисты США, Англии, ФРГ, Италии, Швеции и других стран, которые на своих независимых моделях подтвердят в основном выводы советских экспертов. Специалисты СССР и зарубежных

[Окончание на 4 стр.]

укрощение строптивого реактора

(Окончание. Начало на 2 стр.)

стран постоянно обмениваются результатами анализа чернобыльской аварии на семинарах и конференциях. Отдельные технические детали будут уточняться еще не один год. Здесь уместно напомнить, что после тяжелой аварии на АЭС «Три-Майл-Айленд» (США) в 1979 г. американским специалистам для выпуска итоговото отчета потребовалось 10 лет. Полный технический отчет с результатами исследований всех этапов аварии на 4 блоке Чернобыльской АЭС в настоящее время готовится советскими специалистами и после завершения необходимых расчетных и экспериментальных исследований будет представлен советской и международной общественности. Но уже сейчас выводы, сделанные на основании анализа причин аварии в Чернобыле, последовательное выполнение намеченных мероприятий по повышению безопасности реакторов РБМК, обобщение накопленного критического материала по реактору РБМК позволяют утверждать, что повторение подобной аварии на реакторах РБМК невозможно, что ни один из перечисленных недостатков реактора РБМК, проявившихся при аварии, не является неустранимым для канальных уран-графитовых реакторов и не является органически присущим данному типу реактора. Основываясь на этом выводе и принимая во внимание достоинства канальной конструкции ядерных реакторов, потенциал сложившихся научно-исследовательских и производственных коллективов, в Научно-исследовательском и конструкторском институте энерготехники (НИКИЭТ) были развернуты широкие исследования по разработке проекта канального реактора повышенной безопасности, обладающего свойствами внутренней самозащищенности.

Подготовили:

В. П. ВАСИЛЕВСКИЙ,
канд. техн. наук.

А. В. ДЖАЛАВЯН,
канд. хим. наук.