

**Как повысить экономичность атомных станций,
не ухудшая их безопасность****Корниенко А.Г. (концерн “Росэнергоатом”)**

Часто высказывается мнение, что время атомной энергетики еще не пришло. Действительно, если говорить о производстве электроэнергии, то можно задать вопрос: зачем развивать атомную энергетику, вкладывать огромные деньги в атомные электростанции, если в тепловую станцию необходимо вложить почти в два раза меньше, чем в атомную такой же мощности? Да и органического топлива еще достаточно много. Общество понимает проблемы энергетики и принимает меры по сокращению энергопотребления, прежде всего за счет удельного потребления на душу населения.

Если учесть, сколько газогидратов находится в океане, в вечной мерзлоте Якутии, то как будто в ближайшее время никакой потребности в атомной энергии и нет и вся 50-летняя деятельность атомной энергетики никому не нужна. Но в жизни все не так. Органическое топливо всегда было дефицитным. Оно всегда забирало у общества много денег. В 80-х годах топливная промышленность СССР забирала от 30 до 40% от всех капиталовложений в отечественную промышленность. В электроэнергетику же вкладывалось только около 9%, но она потребляла больше 30% топлива.

В 60-70-х годах в Европейской части страны образовался огромный дефицит органического топлива. Уголь возили с шахт Воркуты, Караганды, Кузбасса в угольный Донбасс. Парадокс? Но это так. Угля Донбасса не хватало даже для собственных электростанций. А ведь «за морем осьмушка полушка, да рубль перевоз». Это было очень дорого.

И тогда, в 60-х годах, конкретно в 1964 году, была принята промышленная программа развития атомной энергетики. Кстати, в этот период все индустриальные страны столкнулись с дефицитом топлива. Большинство из них стало развивать атомную энергетику.

Так своевременна ли была атомная энергетика в конце 60-х или нет? Думаю, что да.

Впоследствии ситуация, конечно, изменилась: Запад пошел по пути энергосбережения и вывода энергоемкого производства из своих стран, а в СССР успехи геологоразведки и развития трубопрокатного производства позволили покрывать дефицит топлива природным газом. Так возникла «газовая пауза», которая сегодня уже практически кончилась.

В создание добычи газа и его транспорта сегодня необходимо вкладывать денег значительно больше, чем это было во времена СССР. Большинство же людей живет иллюзией «газовой паузы».

Очень часто можно услышать, что в СССР до Чернобыльской аварии вообще не занимались безопасностью атомных станций, по крайней мере, в начале развития атомной энергетики. Не могу с этим согласиться.

Если взять наш серийный блок ВВЭР-440 с реактором проекта В-230, запроектированный в 60-х годах, то оказывается, что его проектные решения в основном соответствуют положениям нормативных документов МАГАТЭ.

Для этого проекта были определены и исходные события проектных аварий, и пути протекания этих аварий, и системы безопасности (защитные, обеспечивающие, локализирующие) и даже инструкции по управлению запроектными авариями. Кстати, часть наших оригинальных решений этого проекта была взята западными специалистами и внедрена в современные проекты EPR и AP-1000.

Высказываются также мнения, что у нас не было нормативных документов. Это не так. Уже к 60-м годам были нормы ядерной безопасности, были санитарные нормы как основа радиационной безопасности, были правила обеспечения надежности в виде принципа N+1, были специализированные правила по сварке и ее контролю, особенно для нержавеющей стали, и т.д.

Правда, в 60-х годах еще не сформировалась наука обеспечения безопасности, не было такого понятия, как глубоководная защита.

Шестидесятые годы характеризуются как период формирования научных основ обеспечения безопасности не только в атомной энергетике, но и в пожарном, авиационном, ракетном деле. А до этого был многолетний период создания основ теории надежности. В это же время формировались принципы обеспечения качества.

В конечном итоге, в начале 70-х годов (1972-1974 гг.) сформировались общие подходы к принципам обеспечения безопасности. Эти подходы, несмотря на то, что прошло уже свыше 30 лет, продолжают развиваться. В конце 70-х годов стали обсуждаться проблемы доведения систем безопасности «старых» АЭС до уровня требований новых норм.

Существует очень интересная и важная проблема распространения требований новых правил обеспечения безопасности на старые установки. Вряд ли можно дать одно решение на все случаи жизни. Дело в том, что система «человек-машина» – более опасный объект, чем сама машина. Машина проектируется, как правило, на основе консервативных принципов, и в процессе первых лет эксплуатации выявляются как ее консервативные запасы, так и дефицит этих запасов. Новые нормы – это фиксация опыта и не всегда должны быть направлены на увеличение консерватизма. В то же время персонал более изменчив и более непредсказуем, чем машина, и является источником всех ошибок, причем на всех этапах жизненного цикла изделия.

Персонал меняется, меняются его опыт, квалификация (и не всегда в лучшую сторону), дисциплина, здоровье, функциональная организация, взаимоотношения, культура, в конце концов. Здесь можно ожидать больше неприятностей, чем неожиданный отказ оборудования. Внезапный отказ оборудования –

это практически всегда ошибки персонала: проектирования, изготовления, технического обслуживания, управления, ремонта. Собственно говоря, глубокоэшелонированная защита как раз и есть защита, направленная против ошибок персонала.

Есть утверждение, что при проектировании АЭС мало внимания уделяется экономическим вопросам, все внимание концентрируется на безопасности. Думаю, что с этим можно согласиться, но только лишь, если это утверждение распространить на ограниченный период времени.

Да, действительно, после Чернобыля об экономике забыли. Начали разрабатывать ВВЭР-640, хотя еще в середине 70-х годов было показано, что блоки мощностью 500 МВт не смогут конкурировать с парогазовыми установками. Исчез диктат экономики, остался примат безопасности.

Однако такое было не всегда. Все развитие атомной энергетики, начиная с 40-х годов до самого Чернобыля, шло под знаменем улучшения экономических показателей.

Все-таки атомная станция – это средство производства, а не средство демонстрации чего-то, и примат экономики должен быть незыблем. Если АЭС строить недопустимо дорого, то она просто никому не будет нужна.

А вот безопасность АЭС – это ее свойство. Если это ее свойство не соответствует необходимым требованиям, то она просто не должна работать, так как ее качество не соответствует требованиям общества.

Не может даже ставиться вопрос повышения экономичности за счет ухудшения свойств безопасности.

Вопрос должен ставиться по-другому: как улучшить экономические показатели, не ухудшая свойства безопасности, а может быть и улучшая их. Таким образом, перед создателями станции стоят два жестких ограничения: станция должна быть не дороже определенной критической цены; станция должна обладать свойством безопасности, приемлемым для общества.

Сегодня в программе ИНПРО формируются эти требования. По-моему мнению, самое важное требование следующее: все недопустимые для окружающей среды и населения последствия аварий на АЭС должны ограничиваться площадкой АЭС (т.е. оградой). Тем самым АЭС превращается в обычное предприятие. Поэтому не должно быть никаких санитарно-защитных зон. Только этим можно будет убедить общество в безопасности атомных станций.

Думаю, что известными стандартными мерами выполнить эти требования, да еще сократить стоимость станции на 20-30%, будет невозможно. Требуются новые подходы.

Прежде всего необходимо научиться делать функционально-стоимостный анализ проектов, включая определение характеристик затраты – эффект, в том числе и для мер по безопасности. На основании такого анализа делать набор оптимальных проектных решений.

В настоящее время разработчики проектов работают интуитивно. Но даже в этом случае, если разработчик руководствуется необходимостью снижения затрат, он находит нетрадиционные пути. Так, например, в проекте АЭС-92 некоторые системы безопасности при нормальном режиме блока выполняют функции систем нормальной эксплуатации. Такое решение, с одной стороны, обеспечивает повышение надежности систем безопасности, а с другой – приводит к снижению затрат, причем значительно. Другой пример – проект ВВЭР-300. Сблокированная компоновка ЯГПУ позволяет не только сократить строительные объемы, но и уменьшить число узлов, несущих с собой исходные события аварий, что также повышает безопасность.

Можно перечислить еще ряд возможных мер для реакторов с водой под давлением, которые предположительно должны бы привести как к снижению затрат, так и к повышению безопасности. Например, переход на выгорающие поглотители и отказ от применения борной кислоты, отказ от UO_2 и переход на нитридное или матричное топливо, применение стальных оболочек твэлов, применение тонких твэлов, применение в ТВС турбулизаторов, широкое использование систем безопасности в режимах нормальной эксплуатации, например, пассивных систем, переход на заглубленную компоновку. Конечно, все это надо просчитать.

Однако применение водного теплоносителя в I контуре никогда не позволит детерминистически обеспечить уверенность в том, что активная зона ни при каких мыслимых и немыслимых событиях не останется без охлаждения, а значит, будет сохранен главный барьер – оболочка твэлов.

Радикальным решением проблем безопасности, по моему мнению, является применение тяжелых жидкометаллических теплоносителей. Оценки применения такого теплоносителя показывают существенное снижение стоимости АЭС.