

УДК 697.34

С.В. Широков, канд. техн. наук, професор,
В.В. Бегун, канд. техн. наук, доцент,
НТУУ Київський політехнічний інститут

ПЕРСПЕКТИВЫ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ УКРАИНЫ

Исполнилось 25 лет с тех пор, как 26 апреля 1986 года на четвертом энергоблоке ЧАЭС была полностью разрушена активная зона реактора и повреждено большинство несущих конструкций реакторной части. Из общего количества активности реактора $\sim 10^9$ Ки выброшено:

на площадку АЭС	(0,3-0,5)%,
в 20 км зону АЭС	(1,5-2,0)%,
за 20 км зону АЭС	(1,0-1,5)%.

Всего за шесть месяцев ценой героических усилий проектантов и строителей построен объект «Укрытие» над реактором, аналогов которому не знала мировая практика. Людей спасли от мощного облучения, однако до сих пор наиболее тяжелым наследием трагедии остаются разрушенные элементы реактора, остатки топлива и радиоактивные отходы (РАО), содержащиеся в объекте. Сейчас начато строительства нового объекта над первым, но работы тормозятся из-за отсутствия средств.

Станцию остановили, хотя она сама могла зарабатывать деньги на объект «Укрытие» и на решение вопросов снятия станции с эксплуатации. Работники ЧАЭС до последней минуты не верили, что станцию остановят, ведь модернизированный третий блок ежегодно производил электроэнергию на сумму 300 млн. долларов, но политика, прежде всего.

Вопросы политики встают и сейчас, после беспрецедентной аварии на Японской станции Фукусима-1. Станция выдержала землетрясение в 9 баллов, хотя рассчитана только на 7. Пошли снова нападки на атомную энергетику, снова пошли в ход козыри альтернативных источников энергии.

Недавно в программе «Большая политика» снова встал вопрос – «Почему была построена ЧАЭС?». В Европейской части бывшего СССР находилось 60% промышленного потенциала страны и только 40% топливных ресурсов, а за Уралом наоборот – только 40% промышленного потенциала и 60% топливных ресурсов. Когда разрабатывалась программа развития энергетики Украины до 2005 г, стоял вопрос, если развивать ее на угле, то необходимо было построить 7 линий железных дорог за Урал. Это просто не реально.

Один очень известный украинский политик заявил, что реакторы РБМК на ЧАЭС построены для производства оружейного плутония

(^{239}Pu). Это вообще абсурд. Нарботка ^{239}Pu идет во всех реакторах, если в топливе есть ^{238}U . В бывшем СССР, а сейчас в России есть специальные (промышленные) реакторы с более технологичным и более экономичным производством ^{239}Pu . К сожалению, у нас часто технические и технологические вопросы политизируются ради собственных политических амбиций.

В настоящее время на планете ежегодно потребляется $\sim 3 \cdot 10^{14}$ кВтч энергетических ресурсов [1]. Как можно покрыть эти потребности?

Энергия ветра, волн, приливы воды – этим энергоресурсом можно покрыть только $\sim 12 \cdot 10^{12}$ кВтч, или четверть процента потребности. Некоторые из «зеленых» полагают, что мы настроим ветряков, будем получать электроэнергию, а землю будем использовать для сельского хозяйства. Это все не так. На этой земле ничего расти не будет, скот пастись тоже не будет. При этом мы все будем заниматься только производством ветровых установок и их обслуживанием, а кто будет кормить нас?

Биомасса – потребуются плодородные земли площадью $\sim 13 \cdot 10^6$ км² (10% суши). Можно ли это себе позволить?

Солнечная энергия, если будем производить ~ 300 кВтч/м²·год, потребуется территория $\sim 3 \cdot 10^5$ км². Солнечная электростанция, построенная в Крыму, за все время своего существования не выработает столько электроэнергии, сколько электроэнергии потрачено на изготовление ее оборудования. Отметим также, что производство фотоэлементов относится к «грязным» технологическим процессам. Сложность и экзотичность альтернативной энергетики отображается ее тарифами, (см. табл. 1 [2]).

Таблица 1.

Тариф на электроэнергию по видам топлива, коп/кВтч (апрель 2011 г.)

Ветровые	127,11
Биомасса	139,21
Солнечные	522,94
Малые ГЭС	87,16
АЭС	18,2
ТЭС	примерно в 2 раза больше АЭС

Тариф на электроэнергию ТЭС приведен в табл. 1 без учета доплат за выбросы углекислого газа, по причине неполного использования Украиной допустимых квот выбросов в соответствии с Киотским протоколом. Кроме того, ТЭС мощностью 1 млн. кВт на угле за 1 год выбрасывает в атмосферу (годовые выбросы) [1]:

- 7 млн. т углекислого газа (19 тыс. т в сутки);
- 50-100 тыс. т окислов серы;
- 25 тыс. т окислов азота;

- 20 тыс. т твердых частиц;
- 400 т токсичных материалов
- ~1млн.т золы и шлаков.

В Украине под золоотвалы занята территория ~3,5 тыс. га. Другие технико-экономические показатели тепловой энергетики в сравнении с новыми технологиями ядерной энергетики также значительно отстают. Можно сказать, что это технологии двух прошлых столетий. Новые знания рожают новые технологии, которые мы (Украина) обязаны осваивать, чтобы не отставать от развивающегося общества.

Да, в Украине много угля, но какой ценой он нам обходится? Каждый 1 млн. т добытого угля, по статистике последних 12 лет сопровождается гибелью 2,6 человек. Это в 100 раз больше, чем в Польше, из-за более сложных и глубоких пластов залегания и по организационным причинам. Но даже по общемировой статистике уголь самый опасный. Международное энергетическое агентство (МЭА) в 2002 году сравнило жизненные циклы каждого вида топлива от добычи до использования отходов, и учла смертность в результате аварий, а также длительного воздействия выбросов и радиации. Оказалось, что лучше атома ничего нет, а уголь – самый смертоносный. И по оценкам бостонской организации Clean Air Task Force, мелкие частицы, выбрасываемые угольными электростанциями, только в США убивают 13 200 человек в год (легочные заболевания). При этом не учитывается добыча, транспортировка и прочие операции с углем, загрязняющие атмосферу и лёгкие.

Напротив, Международное агентство по атомной энергии и Научный комитет ООН по действию атомной радиации считают, что от различных форм рака в результате Чернобыльской аварии 1986 года скончались и ещё скончаются «всего» 9 тыс. человек. Статистика показывает, что катастрофы на АЭС не являются ведущей причиной смертей. При нормальной работе, облучение от АЭС в 100 раз меньше природных источников радиации. За счет радиоактивных изотопов, содержащихся в угле, облучение от ТЭС в 2-30 раз больше АЭС. ТЭС выбрасывает ^{226}Ra , ^{210}Po , ^{210}Pb и другие радиоактивные изотопы. От ядерной энергетики гибнет гораздо меньше людей, чем от других источников энергии, утверждают эксперты. Даже в автомобильном транспорте и в бытовых несчастных случаях, людей гибнет больше.

Итак, можно утверждать, что атомной энергетике на сегодня альтернативы нет. Правда, наши «умельцы» уже научились производить молочные продукты без молока, колбасу – без мяса, может, получится и производство электроэнергии без топлива.

Мы отстаем в производстве электроэнергии на душу населения от развитых стран более, чем в два раза, а от лидеров – в пять раз [3]. С другой стороны, показатель энергоёмкости единицы национального продукта превышает в 4-6 раз мировые. К сожалению, это не так просто

сделать при нашем экономическом положении, но этим надо заниматься. Реально задача сводится к замене старого энергоемкого оборудования образца середины прошлого века на современное. Ясно, что требуются огромные материальные ресурсы, инвестиции. Но нельзя говорить, что в этом случае нам хватит энергии, необходимо стремиться к лидирующим экономикам, подняться по уровню потребления энергии на уровень граждан развитых стран, потому и надо развивать современные безопасные технологии производства электроэнергии из ядерного топлива. Эти технологии 21 века, в сравнении со второй половиной прошлого столетия, претерпели существенные изменения в пользу безопасности. Рассмотрим некоторые (главные) из них [4].

Основополагающий принцип сохранения целостности 4-х барьеров безопасности положен в основу концепции безопасности всех ядерных реакторных установок (РУ), рис 1 [5].

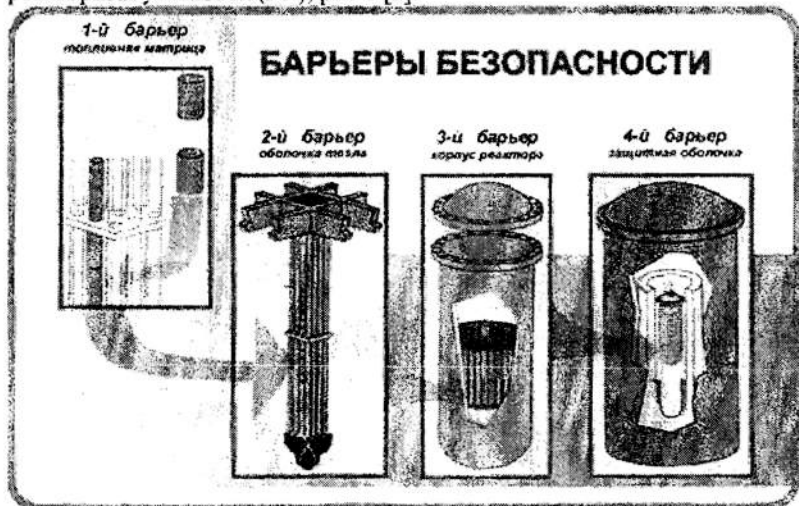


Рис. 1. Барьеры безопасности РУ

Изменения концепции безопасности в России и других странах производителях РУ происходило на основе работ ученых всех стран, обобщалось в форме международных документов по безопасности МАГАТЭ [6], которые впоследствии легли в основу национальных законов и стандартов. Таким образом, достижения ядерной и радиационной безопасности становятся международным достоянием, а безопасность ядерных установок контролируется международными организациями, кроме своих эксплуатирующих (НАЭК «Энергоатом» в Украине) и инспектирующих организаций. Основные изменения концепций безопасности, которые привели к улучшению конструкций РУ, представлены в таблице 2.

Изменения концепций безопасности РУ

№ п/п	Старая концепция безопасности	Новая концепция безопасности
1	Глубина рассмотрения вероятных аварий – проектные аварии и постулированные исходные события	Рассмотрение запроектных аварий с возможным тяжелым повреждением активной зоны вплоть до ее полного расплавления.
2	Число учитываемых отказов в процессе развития проектных аварий ограничено принципом единичного отказа.	При рассмотрении запроектных аварий снимается ограничение принципа единичного отказа.
3	Использование систем безопасности для преодоления тяжелых аварий (зависимость от источников энергоснабжения).	Применение пассивных систем охлаждения топлива (СПОТ), работа которых основана на принципах естественной циркуляции.
4	Конструкции РУ рассчитывались на наиболее вероятные внешние воздействия природного и техногенного характера.	Конструкции РУ рассчитывается на максимальные внешние воздействия природного и техногенного характера, включая терроризм.
5	Защитная оболочка (контеймент) препятствует выходу радиоактивности наружу в случаях разгерметизации РУ.	Двойная защитная оболочка выдерживает максимальные внешние воздействия, в том числе падение тяжелого самолета.
6	Радиус санитарной зоны – 3 км, радиус зоны послеаварийных мероприятий – 25 км.	Радиус санитарной зоны – 0,8 км, радиус зоны послеаварийных мероприятий – 3 км.

Как видим из таблицы, внедрение новой концепции безопасности настолько улучшило характеристики безопасности реакторов, что можно утверждать о начале нового поколения РУ.

Некоторые новые принципы безопасности иллюстрируются на рис.2 – рис.4.

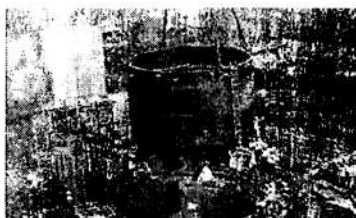


Рис.2. Устройство локализации расплава на Таньванской АЭС с ВВЭР-1000



Рис.3. Устройство локализации расплава.

Устройства локализации расплава (УЛР) обеспечивает гарантированное управление безопасностью даже в случае маловероятных аварий с расплавлением активной зоны реактора. Впервые в мировой практике УЛР сооружены на атомных станциях: Тяньваньской АЭС в Китае, на строящейся АЭС Кундакулам в Индии, второй очереди Ленинградской АЭС в России [5].

Поскольку у нас в ближайшее время планируются к постройке современные блоки ВВЭР, рассмотрим изменения их конструкций.



Рис. 4. Защита от внешних воздействий – проект АЭС 2006 (Россия)

Эти изменения улучшают не только показатели безопасности, улучшаются и энергетические, конструкционные, экономические, экологические, эргономические характеристики, надежность и долговечность:

1. Повышение тепловой мощности реактора за счет обоснованного снятия консерватизма;
2. Обоснованное сокращение органов регулирования;
3. Увеличение количества поглощающих элементов в кластере системы управления и защиты (СУЗ);
4. Зонирование поглотителя по высоте поглощающих элементов;
5. Внедрение обновленной корпусной стали с повышенной радиационной стойкостью;
5. Внедрение новых главных циркуляционных насосов (ГЦН);
6. Модернизация парогенератора (улучшение сепарационных характеристик);
7. Повышение эффективности передачи тепла (реактор – парогенератор – турбогенератор);
8. Модернизация турбогенератора до мощности 1300 МВт (э);
9. Оптимизация алгоритмов управления энергоблока;

Конечно, авария на АЭС Фукусима-1 в Японии, снова после Чернобыля ухудшила ближайшие перспективы ядерной энергетики. Но нет лучшего способа производства энергии, потому после этой аварии разработаны корректирующие мероприятия предупреждающие

возникновение подобного в будущем. Прежде всего, на всех АЭС мира были проведены «стресс-тесты» - проверки на устойчивость работы энергоблоков при максимальных внешних воздействиях. Сделаны еще и следующие выводы из уроков аварии на АЭС Фукусима-1:

1. Персонал должен быть подготовлен к незамедлительным действиям по управлению тяжелыми авариями с использованием внутренних и внешних ресурсов;
2. На каждой АЭС должен быть обеспечен набор необходимых неповреждаемых технических средств, обеспечивающих реализацию мер по управлению тяжелой аварией;
3. Должно быть обеспечено восстановление подачи воды для расхолаживания активной зоны реактора в течение 1,2 часов после полной потери энергоснабжения.

Планы Украины обнародованы в энергетической стратегии развития энергетики до 2030 года [7], и, сверх того мы должны заниматься безопасными реакторами нового поколения. Это реакторы с сверхкритическим давлением (СКД), в которых коэффициент полезного действия может достигать 45%, это реакторы на быстрых нейтронах с повышенным коэффициентом воспроизводства и переработкой высокоактивных отходов, реакторы с повышенным коэффициентом установленной мощности. Такое направление мировой науки и технологий ядерной отрасли. Безусловно мы должны заниматься и альтернативной энергетикой, но только как дополнительной – для фермерских хозяйств, обогрева зданий, теплиц и др.

Список літератури

1. Широков С.В. Ядерные энергетические реакторы: Учеб. пособие. – К.: НТТУ «КПИ», 1997. – 280 с.
2. Сайт ГП «Энергоринок», <http://www.er.energy.gov.ua>.
3. Звіт з людського розвитку в Україні. ПРООН, 2008 р.
4. Официальный сайт Международного агентства по атомной энергии (<http://www.iaea.org/>).
5. Материалы IV международной научно-практической конференции «Культура безопасности» ГП НАЭК «Энергоатом» (материалы докладов руководителей отрасли о текущем состоянии), г. Киев, 11-12 ноября 2008 г.
6. Серия изданий по безопасности МАГАТЭ, №75 - INSAG - 3. Основные принципы безопасности атомных электростанций. МАГАТЭ, Вена, 1989.
7. Энергетична стратегія України на період до 2030 року, затверджена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 липня 2006 року N 436-р.