

Проекты МАГАТЭ в поддержку разработок инновационных реакторов малой и средней мощности (РМСМ)

В.В. Кузнецов
Международное Агентство по Атомной Энергии (МАГАТЭ),
e-mail: v.v.kuznetsov@iaea.org

Продолжающийся интерес к разработкам и анализу возможных применений реакторов малой и средней мощности (РМСМ) находит свое отражение в ряде проектов департамента Атомной Энергии МАГАТЭ. В данной статье приведен краткий обзор этих проектов, включая новый отчет МАГАТЭ о статусе разработки концепций и проектов инновационных РМСМ и координированный исследовательский проект (Coordinated Research Project) по разработке малых реакторов без перегрузки на площадке.

Лучше меньше, да лучше

Возобновление интереса к разработкам и анализу возможных применений реакторов малой и средней мощности (РМСМ) в настоящее время наблюдается в ряде стран, таких как Аргентина, Индия, Корея, Россия, США, Франция, Япония и ряде других. В недалеком прошлом генеральным направлением разработки технологии атомных реакторов для АЭС считалось увеличение их единичной мощности с целью получения выигрыша за счет «экономии масштаба», что привело к появлению проектов АЭС с реакторами единичной мощностью до 1600 МВт. Разработка РМСМ, например, в рамках международного проекта Генерация-4, указывает прямо противоположное направление – в сторону малой эквивалентной единичной мощности, ограниченной 700 МВт. Основные аргументы разработчиков РМСМ¹ – следующие:

- Движущими силами прогнозируемого роста мирового энергопотребления являются увеличение народонаселения и рост экономики в развивающихся странах, при этом многие из этих стран в настоящее время характеризуются ограниченной энергоемкостью электрических сетей;

- У многих развивающихся стран имеются лишь ограниченные средства для инвестиций, тем более в твердой валюте. В этих условиях и с учетом либерализации энергетического рынка РМСМ может оказаться не просто предпочтительным, но и единственно возможным выбором для развития атомной энергетики;

- В развитых странах либерализация рынка требует большей гибкости в единичных мощностях и применениях АЭС, что как раз и могут обеспечить РМСМ. В частности, модульные РМСМ позволяют постепенно наращивать мощности АЭС, тем самым «растягивая» потребность в инвестициях во времени и соответственно снижая финансовый риск;

- РМСМ привлекательны для неэлектрических применений как на ближайшую (опреснение морской воды, централизованное отопление), так и на более отдаленную перспективу (производство водорода, конверсия органического топлива и т.п.);

- Новую технологию невозможно сразу развернуть в большом масштабе. Отработка иннова-

ционных технологий на реакторах-прототипах малой мощности во многих случаях является необходимым шагом для их последующего внедрения в вариантах с большей единичной мощностью.

В настоящее время в 15 индустриальных и развивающихся странах изучаются и разрабатываются более 50 концепций и проектов инновационных РМСМ. Разработка ведется для РМСМ самых различных типов, включая водоохлаждаемые, газоохлаждаемые реакторы, а также РМСМ с жидкотеплоносителем и некоторые нетрадиционные концепции. Чтобы преодолеть негативные факторы, связанные с отсутствием экономии масштаба в РМСМ, предлагается использование инновационных проектных решений, позволяющих существенно упростить конструкцию АЭС, использовать модульный подход и стандартное оборудование для достижения экономии массового производства. В частности, рассматривается ряд подходов, позволяющих в большей степени опереться на внутренне присущие свойства и пассивные системы обеспечения безопасности, например, для контроля реактивности и останова реактора, отвода тепла и увеличения запаса до потери работоспособности твэлов и других элементов АЗ. Некоторые РМСМ позволяют обеспечить длительную кампанию при работе без перегрузок и перестановок топлива в АЗ, в т.ч. за счет использования выгорающих поглотителей или высокого внутреннего воспроизводства топлива. Такие реакторы могут в определенной степени гарантировать суверенитет тем странам, которые предпочитают получать топливо на основе лизинговых соглашений, а не развивать свой собственный топливный цикл. Кроме того, они привлекательны с позиции обеспечения адекватных гарантий нераспространения в сценарии крупномасштабного глобального развертывания ядерной энергетики.

Энциклопедия РМСМ

Цель нового отчета МАГАТЭ о статусе разработки концепций и проектов инновационных РМСМ состоит в том, чтобы предоставить Государствам – членам объективную информацию о тенденциях и целях разработок инновационных РМСМ, ведущихся во всем мире, представить выполненные разработчиками описания концепций и проектов инновационных РМСМ с указанием статуса их разработки.

Все описания РМСМ в новом отчете будут выполнены согласно новому плану, который предусматривает представление не только подходов к обеспечению требуемой безопасности и высоких экономических показателей, но также и технических особенностей и подходов, которые определяют потребность в материальных ресурсах, объем и состав производимых отходов, возможные неблагоприятные воздействия на окружающую среду, защищенность от распространения ядерных материалов и физическую защиту РМСМ. Кроме того, предусмотрено описание одного или нескольких вариантов топливного цикла, а также представле-

ние подробного списка опорных технологий, некоторые из которых могут быть общими для различных РМСМ, разрабатываемых в различных странах. В отчете будет проведена идентификация общих опорных технологий РМСМ, что может способствовать их более успешной разработке за счет расширения международного сотрудничества и использования общей экспериментальной и программно-методической базы. План также предусматривает описание систем для неэлектрических применений и характерных потребительских особенностей РМСМ, таких как модульность или гибкость в применениях, транспортабельность, возможность фабричной сборки и/или работы без перегрузок в течение длительного интервала и т.п.

Отчет не предусматривает каких-либо ограничений по типам реакторов, возможные сроки внедрения также определены достаточно широко – первая половина XXI века. В соответствии с этим, он будет включать в себя описания концепций и проектов инновационных водоохлаждаемых, газоохлаждаемых РМСМ, также как и реакторов с жидкотеплоносителем, жидкосольевых реакторов и нетрадиционных концепций, основанных на комбинациях технологий реакторов различных типов. В настоящее время разработчиками завершена подготовка описаний 54 инновационных РМСМ, отчет (в двух томах) готовится к публикации.

Не только технологии

Кроме проблем развития технологий, следует отметить несколько возможных направлений инфраструктурного развития, способных поддержать реализацию проектов инновационных РМСМ. Определенные инфраструктурные изменения, такие как учреждение режима взаимности сертификации/лицензирования между различными странами, создание юридических и институциональных условий для аренды топлива, налаживание эффективного взаимодействия с регулирующими органами уже на ранних стадиях разработки проекта, с тем чтобы правила и процедуры, соответствующие инновационным подходам к обеспечению безопасности, были готовы уже к моменту завершения разработки, гармонизация промышленных стандартов/кодов и регулирующих правил/процедур могут способствовать успешной реализации проектов многих инновационных реакторов, не только РМСМ.

Однако некоторые направления инфраструктурного развития могут быть особо благоприятны именно для РМСМ, среди них:

- Восстановление процедур и практики лицензирования путем демонстрации опытного образца;
- Создание законодательной и нормативной базы и страховой схемы для транзита топливной загрузкой или фабрично изготовленных РМСМ через территорию третьих стран;
- Создание международных гарантий суверенитета для стран, которые предпочли бы арендовать топливо, а не разрабатывать свой собственный топливный цикл.

Наконец, снова начато обсуждение возможных инфраструктурных изменений, связанных с созданием т.н. многонациональных топливных циклов, вероятно на региональном или межрегиональном уровне и, возможно, начиная с международного хранилища отработавшего ядерного топлива.

От Бразилии до Японии

Координированный исследовательский проект (Coordinated Research Project) по разработке малых реакторов без перегрузки на площадке был начат в 2004 с 17 участниками, представляющими научно-исследовательские организации 10 Государств – членов МАГАТЭ. Среди них: Бразилия, Вьетнам, Индия, Индонезия, Италия, Литва, Россия, США, Хорватия, Япония. В контексте малых реакторов без перегрузки на площадке, термин «перегрузка» определен как «удаление или замена свежих, либо выгоревших, одиночных или многочисленных, незащищенных или неадекватно защищенных кластеров твэлов или отдельных твэлов, находящихся в АЗ ядерного реактора». В это определение не входит «частая замена хорошо защищенных ТВС, производимая таким образом, чтобы исключить возможность несанкционированного переключения материалов ядерного топлива».

Проект имеет целью способствовать успешной разработке и внедрению таких реакторов в Государствах – членах МАГАТЭ путем:

- Определения приоритетных опорных технологий, концепций и проектов реакторов малой мощности без перегрузки на площадке;
- Определения потребностей и требований к АЭС с такими реакторами для выбранных представительных регионов;
- Проведения обзора подходов к обеспечению длительной кампании реактора в режиме работы без перегрузок и перестановок топлива, включая бенчмарк расчеты для долгоживущих АЗ реакторов нескольких типов;
- Выполнения обзора подходов к обеспечению свойств внутренне присущей безопасности и проектных решений для систем пассивной безопасности применительно к реакторам малой мощности без перегрузки на площадке, включая сравнительный анализ выбранных сценариев аварийных процессов, действия пассивных систем регулирования реактивности и пассивных систем отвода остаточного тепловыделения;

Для рассмотрения в проекте предложены реакторы следующих типов: (i) реакторы со свинцовым или свинцово-висмутовым охлаждением; (ii) легководные реакторы с различными вариантами использования микро топлива; (iii) реакторы с водой под давлением с увеличенным интервалом работы между перегрузками, для обоснования возможности снижения уровня мер за пределами площадки.

На взаимодополняющей основе

Проекты МАГАТЭ в поддержку разработок инновационных РМСМ отражают многочисленные исследования и разработки, ведущиеся в этой области в Аргентине, Индии, Корее, России, США, Франции, Японии и ряде других стран. Эти разработки включают в себя широкий круг подходов к проектированию и обеспечению безопасности РМСМ, нацеленных как на ближайшую, так и на более долгосрочную перспективу. Они также включают в себя рассмотрение возможности производства не только электроэнергии, но и целого ряда энергопродуктов, таких как пресная вода, тепло для промышленных и бытовых нужд и водород.

Преодоление фактора «экономии масштаба» может быть выделено как задача первоочередной важности для всех РМСМ. Продолжающаяся либерализация энергетических рынков объективно способствует увеличению привлекательности РМСМ, например, через обеспечение экономии множественных малых модулей и соответствующее снижение финансового риска путем постепенного наращивания мощностей, через разнообразие предложений и гибкость в изменении конструкций РМСМ и их применений.

У РМСМ много общих проблем, связанных с разработкой и отработкой опорных технологий,

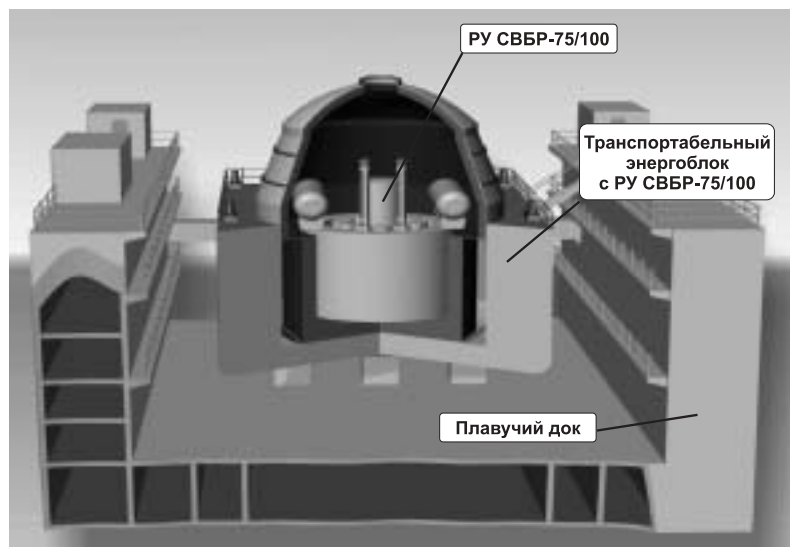


Рис. 1. Варианты плавучих энергоблоков разрабатываются не только для легководных, но и для свинцово-висмутовых РМСМ, например для СВБР-75/100 (интегральный реактор мощностью 75-100 МВт, ГНЦ ФЭИ - ОКБ "Гидропресс" Россия [3]), как показано на данном рисунке.

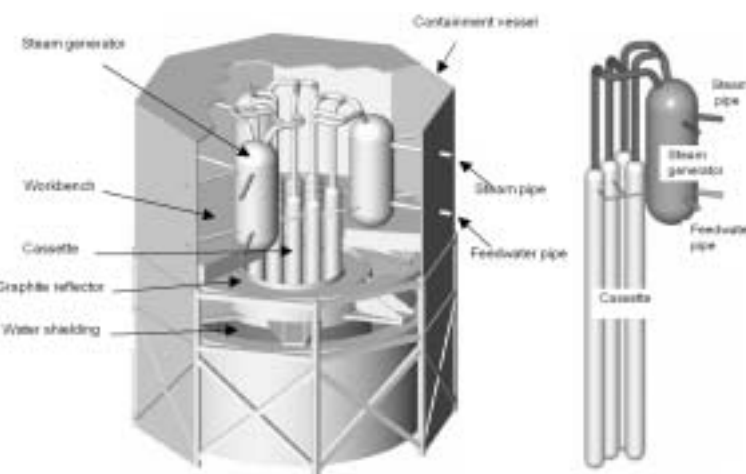


Рис. 3. Концепция кассетного реактора, в которой перестановки ТВС заменены перестановками кассет, имеющих корпус, при длительном (5-10 лет) интервале работы без перегрузки топлива. Разработка компаний Mitsubishi Heavy Industries и Hitachi (Япония) [5].

определяющих их экономическую конкурентность, высокий уровень безопасности и защищенности от распространения ДМ. Кроме того, для реализации преимуществ множественности необходимо широкое освоение мировых рынков. Для решения многих из этих проблем нужны инновационные подходы, разработке которых объективно способствует международное сотрудничество.

Для успешной реализации проектов РМСМ может потребоваться разрешение ряда законодательных, институциональных и инфраструктурных проблем, а также проблем, связанных с общественным восприятием АЭ. Способствовать внедрению РМСМ может сближение порядка и процедур

сертификации и лицензирования в различных странах, например, экспорт услуг по сертификации и лицензированию; обеспечение гарантий поставок топлива, например, через их страхование и/или длительный интервал работы между перегрузками; упрощение процедур лицензирования, например, через обоснование возможности лицензирования АЭС без планирования мер за пределами площадки; упрощение процедур лицензирования для повторно сооружаемых АЭС.

Снижение уровня необходимых мер за пределами площадки при авариях является целью разработчиков многих РМСМ, нацеленных как на ближайшую, так и на более отдаленную перспективу,

поскольку оно позволит значительно улучшить стоимостные показатели АЭС и в значительной мере улучшить восприятие АЭ общественным мнением.

Необходимость раннего взаимодействия с надзорными органами с целью своевременной инициации и успешного прохождения процесса лицензирования отмечается многими разработчиками инновационных РМСМ во всем мире.

Для различных стран и регионов в силу различных национальных и региональных условий предпочтительными могут быть различные решения по системам АЭ с РМСМ. В то же время, многие из них могут успешно сочетаться друг с другом и существовать на взаимодополняющей основе, на-

пример, системы с открытым и замкнутым, национальным и международным топливным циклом.

Применительно к РМСМ, разработка стратегий внедрения на рынок энергопроизводства и решение важных инфраструктурных проблем являются не менее важными задачами к успешной реализации любого проекта, чем собственно разработка технологий.

¹ Согласно классификации, принятой МАГАТЭ, к реакторам малой мощности относятся реакторы с эквивалентной электрической мощностью до 300 МВт; соответственно, реакторы средней мощности — это реакторы с эквивалентной электрической мощностью от 300 до 700 МВт.

О коммерческих приоритетах ПАТЭС



Э.Л. Петров
Главный
конструктор
ПАТЭС, к.т.н.

В мае 2004 года Высший Экологический Совет ГД обсудил проблемы ядерной и экологической безопасности установок малой атомной энергетики для теплоэлектроснабжения жилых и промышленных объектов регионов России. Совет рекомендовал рассмотреть эту тему в Комитете ГД по энергетике, транспорту и связи с целью выработки своего отношения к такой проблеме и, в случае положительного отношения, обратиться в Правительство РФ с предложением изыскать финансирования для строительства головных установок.

Энергетика всегда была и остается опорой для развития территорий. Огромные масштабы страны, ее географические особенности и специфика происходящих демографических процессов многократно усиливают внимание к проблемам энергетической и экологической безопасности регионов.

Почему «Стратегия развития атомной энергетики России в первой половине XXI века», одобренная Правительством РФ (Протокол № 17 от 25.05.2000г.) не предусматривает сооружения объектов малой атомной энергетики? В качестве заказчиков атомных станций малой мощности готовы выступать те регионы, где испытывается дефицит собственных энергоресурсов, и доставка традиционного углеводородного топлива превращается в ежегодную болезненную проблему, где приоритет отдают сохранению экологических качеств природной среды. Таких регионов в стране от Калининградской области до Камчатки и Приморского края великое множество. Создать повсеместно для населения устойчивые, достойные и безопасные условия проживания — это та роль, которую обязаны сыграть атомные станции малой мощности. Страна располагает технологической базой судового атомного машиностроения и приборостроения, то есть именно тех секторов промышленности, которые способны серийно тиражировать энергетические блоки для комплектации атомных станций малой мощности. Тем более, что прототипы оборудования таких энергоблоков эксплуатируются на кораблях и имеют тысячи реакторо-лет наработки.

Высокие коммерческая конкурентоспособность и потребительские качества таких станций, создаваемых по судостроительным технологиям, особенно впечатляют, когда удается энергоблоки разместить в подземном пространстве с кровлей около 50 метров (подземная атомная теплоэлектростанция — ПАТЭС). Заметим, что именно эти фортификационные качества ПАТЭС приобретают решающий вес, когда атомный блок оказывается в прицеле ракеты современных террористов или на пути атакующего самолета.

Первое, что находится у самой поверхности решения проблемы атомных станций малой мощности, так это применение ледокольной атомной энергетической установки. Это не самая мощная судовая установка, созданная в стране. Но в ней реали-

зована концепция электростанции, а будучи таковой, привлекательно именно ее поместить во чрево несамоходного понтона. Все это будет детище судостроительного завода, а значит, много технологичнее, нежели современный процесс возведения атомных блоков, у которых бетонное строительство непрерывно перемежается с монтажными операциями. Такой понтон может быть отбуксирован водным путем практически в любой район, а далее он становится у причальной стенки. Вот тут-то и посыпались, как из рога изобилия, требования Морского Регистра: обеспечьте льдоустойчивый корпус понтона, предусмотрите балластные цистерны, креновые и дифференциальные системы, якорные лебедки, шпиги и брашпили, продсклады и камбузы, каюты и кубрики, спасательное и навигационное оборудование и еще массу элементов корабельной номенклатуры, которые многократно увеличивают весовую нагрузку и стоимость проекта. Плавающий понтон не является безопасным решением для хранения выгруженных из реакторов станции активных зон. К тому же, каждые 10 лет понтон обязан проходить заводской доковый ремонт. Значит, на этот период у потребителя либо возникнет дефицит энергии, либо должно быть обеспечено эквивалентное замещение утраченной мощности, что еще в большей мере ведет к удорожанию проекта. Очевидно, что с целью исключения навигационных аварий, навалов льда и торосов для понтона потребуются сооружение в акватории защитных сооружений, что представляется также дорогостоящим объектом. Эти обстоятельства выводят капитальные затраты станции на понтоне к уровню в 3000 долл. за кВт. Обслуживающий понтонную станцию персонал работает в режиме сменной вахты по аналогии с кораблем, что опять-таки удорожает эксплуатацию, как и всякий вахтовый способ. Все эти «судовые атрибуты» понтонной станции полностью исключаются в проекте ПАТЭС.

С другой стороны, среди атомщиков сложилось мнение, что, увеличивая единичную мощность блока, можно рассчитывать на автоматическое снижение удельных капитальных и эксплуатационных затрат. Это суждение опирается на эволюционное развитие концепции одного и того же проекта, например, с блоками ВВЭР-640, ВВЭР-1000, ВВЭР-1500. Поэтому обратная тенденция в сторону использования блоков малой мощности с ВВЭР-100 или ВВЭР-75 судового класса ассоциируется с неизбежным чрезмерным ухудшением экономических показателей атомной станции. Потребовался поиск принципиально нового нетрадиционного проектного решения, чтобы появились конкурентоспособные аргументы в пользу малой атомной энергетики. Это оказался именно тот случай, когда уместно говорить об инновационной технологии, прорывной характер которой должен обеспечиваться наличием производственной базы для ее реализации.

Исторический опыт атомной энергетики свидетельствует, что мысль о размещении реакторных установок в подземном пространстве зародилась задолго до аварии на Чернобыльской АЭС и выступления по этому поводу академика А.Д. Сахарова. Конструктивный вклад в развитие этого направления внесли многие ученые нашей страны, в том числе члены специализированного Совета, возглавляемого академиком А.П. Александровым, Н.Н. Мельниковым, Е.А. Котенко и другие. Однако в тот период не стоял вопрос о конверсии судового атомной энергетики. Теоретически не возникало

сомнений, что реакторная установка будет работать в подземном пространстве, даже если оно будет полностью герметизировано. Ведь для работы реактор не нуждается в атмосферном кислороде, а отвод теплоты от активной зоны решается последовательными контурами, что по смыслу эквивалентно многобарьерной защите биосферы. Об этом свидетельствовала и успешная эксплуатация подземных атомных станций, построенных на начальном этапе развития энергетики во Франции, Швеции, Норвегии, США, Швейцарии и России.

Вместе с тем, многочисленными проектными проработками, относящимися, в основном, к периоду после Чернобыльской аварии, было установлено, что капитальные затраты на подземное размещение блоков большой единичной мощности повышаются на 30–40% в сравнении с наземным. Правда, с учетом стоимости снятия блока с эксплуатации, его разборки и захоронения, а также полной реабилитации площадки проигрыш сокращается до нуля. И все-таки под защиту земного укрытия современные блоки АЭС не стали размещать, предпочитая возводить толстостенные (от 0,6 до 3,0 метров и более) защитные железобетонные ограждения. По-видимому, искушение состоит в том, что отложенные на 50–60 лет затраты на снятие с эксплуатации не являются сегодняшними вложениями в разработку огромной индивидуальной внутриземной полости диаметром и высотой свыше 50 метров для размещения блока.

Совсем другое дело, когда в подземном пространстве помещают установку судового класса, с поперечником около 10 метров и высотой около 16 метров. Для нее пригодно помещение типовой односводчатой станции метрополитена, проходка которого выполняется высокомеханизированными методами, а укрепление обеспечивается элементами (тубингами) стандартного заводского производства. Поэтому такие помещения изготавливаются быстро, а стоимость мала и составляет около 50 долл. за кубометр объема.

Если такие одноуровневые штольни сооружаются вблизи береговой линии океана, моря или реки, то водным путем к ним могут быть доставлены готовые, подчеркнем еще раз — готовые, изготовленные «под ключ» в условиях судостроительного предприятия энергомодули. Каждый энергомодуль — это реактор судового типа, турбоэлектрогенератор, водонагревательная установка и вспомогательное оборудование, помещенные в защитную оболочку. Оболочка предназначена для локализации последствий внутренних аварий, которые могут случиться на оборудовании энергомодуля. Образу говоря, энергомодуль — это минимум того, что необходимо для производства электроэнергии и товарного тепла. Если в качестве ядерного реактора применен наиболее мощный судовый аппарат и соответствующее ему оборудование, то вес энергомодуля составит около 5000 тонн, что позволяет его буксировать или транспортировать с помощью плавдока, либо понтона. Каждый энергомодуль вкатывается в свою штольню, подключается к внешним сетям и трассам, его реактор загружают активной зоной, после чего блок готов к эксплуатации в течение 40 лет. Такая технология в некоторой степени напоминает приобретение бытового холодильника, когда в готовое помещение доставляют и размещают сам агрегат, его подключают к сети, загружают продуктами и напитками, и это называют вводом в эксплуатацию. Конечно, владелец

только открывает и закрывает дверцы, а техническое обслуживание ведет специализированная фирма, что практически во всех отношениях.

Разорвав порочный цикл последовательного выполнения строительных и монтажно-сборочных работ, свойственных сооружению блоков большой единичной мощности, удалось сократить время готовности ПАТЭС от начала строительства вдвое, то есть до 3–3,5 лет, вместо 6–9 лет, отводимых на блок — миллионник. Экономический профит состоит в том, что это ускоряет сроки возврата заемных средств, а следовательно, приведет к снижению суммы, направляемой на обслуживание кредитов.

Подземная компоновка блоков ПАТЭС надежно решает проблему радиационной безопасности населения в течение всего жизненного цикла станции при любых мыслимых внешних природных, техногенных и антропогенных воздействиях. Такие свойства позволяют разместить площадку ПАТЭС внутри обслуживаемого города, либо у его окраины.

Пример размещения подземной станции внутри городской территории известен из японских разработок. Такое решение сулит проекту весомые коммерческие преимущества.

- Благодаря подземному размещению блоков ПАТЭС во много раз уменьшается необходимая дневная территория землеотвода внутри или вблизи города, резко сокращается протяженность линий электропередач и теплотрасс. Кроме того, отпадает необходимость вообще в сооружении специального городка для проживания эксплуатационного персонала, наподобие г. Сосновый Бор при ЛАЭС, г. Полярные Зори при Кольской АЭС, г. Курчатов при Курской АЭС и т.п., а для персонала строятся 1–2 дома в существующей инфраструктуре. По оценке, только эти моменты позволяют снизить сметную стоимость ПАТЭС на 50% в сопоставлении с затратами у традиционной АЭС.

- Поскольку ремонтное обслуживание всех ПАТЭС планируется обеспечивать существующими судоремонтными заводами, нет необходимости, как практикуется сейчас, на каждой станции возводить свои ремонтные цеха. Это не только приводит к сокращению требуемой территории, но и позволяет резко сократить численность персонала на станции. К снижению численности эксплуатационников ПАТЭС ведет и широкая автоматизация, применяемая в судовых атомных энергетиках. Оценки показывают, что удельные нормативы для ПАТЭС могут приблизиться к величине менее 0,5 чел. на МВт электрической мощности, что соответствует лучшим мировым проектам АЭС с блоками ВВЭР-1500.

- Компактность и транспортабельность энергомодулей ПАТЭС открывает перспективы для существенного снижения стоимости работ по замещению выработавших свой срок службы. Каждая реакторная установка энергомодуля, по аналогии с судовой, имеет собственную усиленную во всех направлениях биологическую защиту, которая обеспечивает безопасность извлечения его из штольни и транспортировки к месту ремонта или утилизации. Для процедуры замещения нет необходимости разрушать какие-либо строительные сооружения. В этом ПАТЭС принципиально отличается от современных блоков большой мощности. Подземные штольни ПАТЭС служат столетия, а энергомодули являются сменными через 40 лет. Таким образом, замещение станции, традиционно требующее десятилетий, в проекте ПАТЭС обеспечивается судостроительными технологиями в течение 3–5 месяцев.

• Особые коммерческие преимущества подземных АЭС, как отмечают многие специалисты, проявляются в процедуре снятия с эксплуатации. Образно говоря, блок предстоит омонолитить. И не имеет значения, в каком он пребывает состоянии, лишь бы цель омоноличивания, а именно гарантии ядерной и радиационной безопасности на весь период хранения, были соблюдены. Применительно к ПАТЭС технология может предусматривать, после выгрузки активной зоны, предварительное отделение от энергомодуля реакторного отсека (для этого предусмотрен коффердам). Нерадиоактивное оборудование при этом может быть извлечено из штольни для утилизации, а реакторный отсек на месте заполнен магнетитно-минерально-солевым составом, который обеспечит его вечное хранение в подземном укрытии.

Проектные разработки ПАТЭС «УТРО» для Приморского края и ПАТЭС «НЕРПА» для Мурманской области показали, что Россия располагает конкурентоспособной технологией, выход которой на внутренний или внешний рынок целиком определяется только позицией руководства страны.

О потребительских приоритетах ПАТЭС

ПАТЭС комплексно решают проблемы энергетической безопасности регионов, и в этом заключается их главное назначение. Как правило, традиционные АЭС вырабатывают лишь электроэнергию, их КПД не превышает 30–33%, остальная тепловая энергия сбрасывается в окружающую природную среду, например, ЛАЭС – в Балтийское море. Непрактичность такой схемы очевидна, поскольку Санкт-Петербург вынужден для нужд теплофикации и горячего водоснабжения эксплуатировать тысячи котельных и в основном на природном газе. «Огневая» энергетика – это проблемы доставки энергоресурсов за тысячи километров, это вредные вещества и парниковые газы в атмосфере мегаполиса. ПАТЭС, вырабатывая одновременно электроэнергию и товарное тепло, позволяет полностью вытеснить «огневую» энергетику с ее проблемами. География размещения ПАТЭС не зависит от наличия или отсутствия линий электропередач, однако при модернизации энергосистем ПАТЭС легко встраивается в любую стандартную сеть.

Отметим важнейшие потребительские приоритеты ПАТЭС

• В отличие от любых современных проектов наземных АЭС или АС с плавучими блоками, радиационная безопасность населения, гарантируемая ПАТЭС, соответствует 4 уровню международной шкалы INES, то есть ни при каких отказах, либо авариях на такой станции не потребуются эвакуация живущего по соседству населения с целью предотвращения его переоблучения.

• Используемое для комплектации ПАТЭС оборудование энергомодулей обладает высокой ударостойкостью, поскольку за ним стоят корабельные прототипы. Это позволяет размещать станции практически в любых сейсмоопасных районах, где расчетное землетрясение оценивается в 9 баллов по шкале MSK-64. Например, многие районы Дальнего Востока, в том числе полуострова и острова Тихоокеанского бассейна, других станций просто не могут принять.

• Общеизвестно, что регионы, пользующиеся «огневой» энергетикой, решают проблемы экономики топлива за счет отслеживания энергоисточником графика электрической и тепловой нагрузки сети потребителей. Как правило, традиционные АЭС работают в базовом режиме, что является существенным их ограничением. ПАТЭС же способна к широкомасштабному маневрированию мощностью, как и судовая установка, что позволяет ей полностью адаптироваться к графику нагрузки. Такое уникальное свойство ПАТЭС незаменимо для случаев ее децентрализованного применения.

• По-видимому, размещая ПАТЭС в том или ином регионе России, было бы существенным упущением пренебречь возможностью глубокой утилизации низкопотенциального тепла (вода с температурой до 30°C) в системах защищенного грунта и на фермах мариккультуры. Это позволит круглогодично производить широкий ассортимент пользующихся спросом грибов, томатов, салатов, огурцов, рыбы, морепродуктов, лечебных и декоративных растений и т.п. Как показывает опыт Курской АЭС и ряда АЭС Японии, в этом секторе хозяйства могут быть созданы сотни рабочих мест.

• Реализация проектов ПАТЭС связана с вовлечением в новые технологии коренного населения и вышедших в запас военнослужащих, что само по себе обеспечивает рост культурного уровня населения. Помимо основного производства, на базе ПАТЭС могут быть развиты специфические технологии радиационных услуг, к которым, в частности, относятся гамма-стерилизация семян, земли, медицинской тары, инструмента и т.д., а также нейтронная модификация при производстве источников для медицинской диагностики, ювелирных и поделочных камней, производстве материалов светопреобразователей и т.п.

Потребительские качества ПАТЭС растут по мере повышения числа ее блоков. Мировой опыт рекомендует в качестве базовой соорудить 4-х блочной станции. Характеристики такой ПАТЭС, основанной на судостроительных технологиях, приведены ниже.

Тепловая мощность	4 x 300 МВт
Электрическая мощность	4 x 75 МВт
Товарное теплопроизводство	4 x 50 Гкал/час
Годовая наработка	8000 час
Срок службы штолен	более 100 лет
энергомодулей	40 лет
Площадь застройки	1 кв. км
Численность эксплуатационного персонала	150 чел
Сейсмостойкость	9 баллов
Капитальные затраты	ок. 1000 долл./кВт
Себестоимость электроэнергии	ок. 1,7 цент./кВт-час
Себестоимость тепловой энергии	ок. 6,0 долл./Гкал

Производство серийных станций типа ПАТЭС обеспечит в России рабочими местами свыше 100 тысяч человек. Электроэнергия ПАТЭС позволит развернуть в местах их размещения технологии извлечения полезных элементов из морской воды, обеспечит производство пресной воды для населения и поливного земледелия, а также создать условия для производства синтетического топлива и получения водорода с целью решения проблемы экологизации автотранспорта.

С опозданием на полгода будет введен в строй завод полупроводникового кремния

Пуск завода по производству поликристаллического кремния на Горно-химическом комбинате г. Железнодорожска отложен еще на полгода. Согласно плану ФАЭ новое предприятие должно начать выпуск продукции в первом квартале 2005 года. Срыв плановых сроков специалисты ГХК объясняют неритмичным финансированием новостройки Федеральным агентством по атомной энергии. Из-за административной реформы бюджетные ассигнования начали поступать на предприятие в прошлом году только в мае.

В ФАЭ причину срыва сроков строительства видят в ином. Сотрудник департамента по конверсионным программам ФАЭ утверждает, что виной тому не деньги: 600 млн рублей, утвержденных в бюджете ФАЭ на строительство, были перечислены в 2004 году хоть и с опозданием, но в полном объеме и за месяц до окончания года. Срыв планового пуска завода в Агентстве объясняют отсутствием координации между проектантами (в данном случае Государственным институтом проектирования редких металлов), руководством ГХК и строителями. Но при этом заметили, что проект очень сложный, разработка его проходит с многочисленными корректировками. Первоначальный проект, разработанный еще в 1998 году, предусматривал, помимо производства моно- и поликремния, выпуск трихлорсилана (исходного материала для производства кремния), кварцевых тиглей (емкостей для кремния) и других сопутствующих материалов. Однако проведенные маркетинговые исследования показали бесперспективность масштабного развития этого производства. При корректировке проекта в 2002 году упор был сделан только на производстве моно- и поликремния. Отечественный рынок последнего в нашей стране


практически отсутствует. Так что строящийся в Железнодорожске завод по производству полупроводникового поликристаллического кремния будет первым в России подобного рода предприятием. Сегодня этот материал закупается по весьма высоким ценам (170 долларов за один килограмм) за рубежом.

Наша справка. Поликристаллический кремний служит сырьем для производства монокристаллического кремния. Основными же его производителями в России являются Подольский химико-металлургический завод и Красноярский завод цветных металлов. В 2002 году на ГХК освоено производство целого ряда высоко- и низкотемпературных марок монокристаллического кремния общим объемом 10 тонн в год. Монокристаллический кремний применяется в качестве полупроводника в микроэлектронике, а в последние годы все чаще используется в устройствах солнечной энергетики (солнечные пластины). «Солнечный» кремний по своим потребительским качествам считается ниже кремния, используемого в микроэлектронике. Однако потребность в кремнии «солнечного» качества в мире в последние годы значительно выше.

Предполагается, что новый завод будет производить от 200 до 500 тонн в год поликристаллического кремния. Часть его планируется поставлять на западный рынок. Строительство завода обойдется ФАЭ в 2,5 млрд рублей. На сегодняшний день общая сумма финансирования составила 1,6 млрд рублей.

В этом году на строительство завода ФАЭ выделило 477 млн рублей. Однако на сегодняшний день из этих средств на предприятие не поступило ни рубля. Более того между ФАЭ и руководством ГХК не заключен договор на 2005 год, предусматривающий финансирование строящегося объекта. Виной тому разногласия между проектантами и руководством ГХК, связанные с очередной корректировкой проекта. Поэтому многие специалисты как в ФАЭ, так и на ГХК сомневаются, что первый в стране завод по производству полупроводникового кремния удастся пустить в строй в конце 2005 года. А наиболее мрачные скептики считают, что Россия еще долго не будет производить свой поликристаллический кремний.

Надежда Королева



Федеральное агентство по атомной энергии РФ

СВЕРДНИИХИММАШ

Открытое акционерное общество


Свердловский научно-исследовательский институт химического машиностроения (СвердНИИХиммаш) был образован в 1942 г. В настоящее время входит в Федеральное Агентство по атомной энергии. В 1995 г. преобразован в Открытое акционерное общество. Генеральный директор Шевелин Борис Пиманович.

ОАО «СвердНИИХиммаш» многопрофильное предприятие с собственной машиностроительной базой. Является головным разработчиком нестандартизированного технологического оборудования и средств защитной техники для основных радиохимических переделов ядерного топливного цикла, АЭС, включая оборудование для обращения с РАО.

Институт выпускает оборудование для химической, металлургической, нефтегазовой, фармацевтической, пищевой промышленности: дистилляционные опреснительные установки; центрифуги; фильтры; выпарные аппараты; печи; герметичные насосы, мешалки, средства транспортирования; ионообменные колонны, вакуум - кристаллизационные установки и др.

СвердНИИХиммаш имеет лицензии ГАНа и Госгортехнадзора России. Сертифицированы Программы обеспечения качества, отвечающие требованиям стандартов ISO 9001

620010, г. Екатеринбург, ул. Грибоедова, 32. E-mail: niimh@ural.ru, niimh_market@ural.ru. Тел./факс: (343) 227-55-05. Тел.: (343) 227-55-10, 27-42-12. Http://www.sverd.ru.



PRO
ATOM

Рекламное агентство "PRO Atom" оказывает полный комплекс услуг по организации участия предприятий атомной отрасли в выставке «Атомная промышленность 2005» и конференции «Экономика безопасности» 26–29 сентября 2005 г.:

- Встреча представителей предприятий и размещение их в гостинице.
- Аккредитация на конференции «Экономика безопасности».
- Предоставление выставочной площади, оборудование и оформление выставочного стенда. Организация эксклюзивного стенда. Дизайн и изготовление плакатов на выставочные стенды. Дизайн и изготовление раздаточного материала (листочки, брошюры, визитки, сувенирная продукция).
- Организация мини-конференций, семинаров и демонстраций продукции предприятий на выставке и конференции.
- Организация заочного участия.
- Организация работы стендисток.
- Сбор, упаковка и отправка в адрес предприятия рекламной информации со стендов других участников выставки.
- Организация обширной культурной программы в Санкт-Петербурге.
- Изготовление и размещение рекламных материалов в журналах «Атомная стратегия», «Атомный календарь» и «NucWorldExpo», распространение их на выставке и конференции.

Руководитель проекта Яна Тулубьева:
тел.: (812) 277-7782,
320-0957, 958-9004;
E-mail:
most@infopro.spb.ru

Модульные реакторы малой мощности для большой атомной энергетики



А.В. Зродников,
ФГУП ГНЦ РФ ФЭИ,



Г.И. Тошинский
ФГУП ГНЦ РФ ФЭИ,

Материал подготовлен при участии:
Ю.Г. Драгунов, В.С. Степанов
ФГУП ОКБ «Гидропресс»,
И.И. Копытов, В.Н. Крушельницкий
ФГУП Атомэнергоспроект

Кризис «большого жанра»?

В развитии атомной отрасли России неуклонно приближается этап, который будет характеризоваться необходимостью резкого увеличения объема ежегодных инвестиций для обеспечения требуемого темпа развития атомной энергетики (АЭ).

«Дешевые» возможности увеличения производства электроэнергии на АЭС через 10 лет будут, в основном, исчерпаны, и потребуются нести затраты не только на строительство новых блоков АЭС, которые должны обеспечить развитие АЭ, но и на строительство мощностей, замещающих выводимые из эксплуатации блоки, реакторы которых исчерпали срок службы. Темп вывода мощностей составит около 1 ГВт(э) в год.

Инвестиционные возможности АЭ, формируемые из доходов от продажи электроэнергии, будут сдерживаться медленным ростом тарифа. Простые оценки показывают, что в этом случае, даже при внедрении энергоблоков ВВЭР-1500 развитие АЭ практически остановится.

С учетом значительного различия в сроке службы реакторных установок (40–60 лет) и остальной инфраструктуры АЭС (80–120 лет), существует возможность обеспечить развитие АЭ при значительно меньшем, чем для нового строительства, объеме ежегодных инвестиций. Такую возможность мы связываем с использованием инновационной ядерной энергетической технологии (ЯЭТ) на базе модульных многоцелевых быстрых реакторов малой мощности (~ 100 МВт-э) с теплоносителем свинец-висмут для замещения выбывающих мощностей.

В России, на основе опыта применения тяжелого теплоносителя в реакторах атомных подводных лодок, разрабатываются реакторы такого типа – СВБР-75/100 (Свинцово-Висмутовый Быстрый Реактор эквивалентной электрической мощностью 75–100 МВт в зависимости от параметров пара), обладающие развитыми свойствами внутренней безопасности и пассивной безопасности.

Под реновацией выводимых из эксплуатации блоков АЭС понимается размещение в помещениях парогенераторов и циркуляционных насосов (после демонтажа последних) необходимого количества реакторных модулей СВБР-75/100, которые совместно будут производить то же количество пара и тех же параметров, что и РУ, выводимая из эксплуатации.

Такой подход существенно удешевляет стоимость и сокращает сроки ввода замещающих мощностей. В частности, как показали результаты выполненных технико-экономических исследований, затраты на реновацию 2, 3 и 4 блоков Нововоронежской АЭС в два раза ниже затрат на строительство нового энергоблока соответствующей суммарной мощности. Использование «старой» площадки дает также дополнительные преимущества при согласовании и лицензировании, подключении к энергосистеме и принятии АЭС общественностью региона, а также при решении социальных вопросов, т.к. АЭС является, как правило, градообразующим предприятием.

На первый взгляд кажется, что энергоблок с реактором большой единичной мощности будет по экономическим показателям всегда выигрывать у энергоблока равной мощности с соответствующим количеством реакторов малой мощности (модуль-

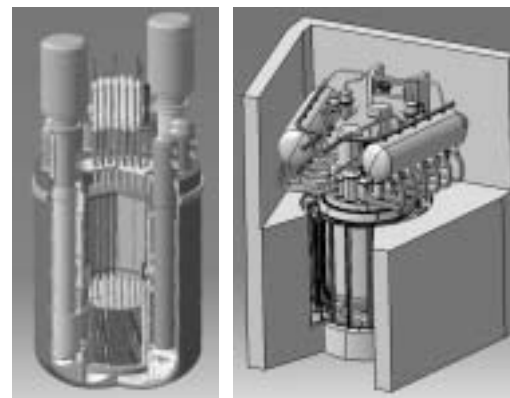
ная структура ядерной паропроизводящей установки) из-за влияния масштабного фактора. Однако это не так, если речь идет о сопоставлении традиционных реакторов большой мощности с модульными реакторами СВБР-75/100.

АЭС станет долгожителем

Достижение конкурентоспособности АЭ на базе предлагаемой ЯЭТ как при реновации, так и при вводе новых мощностей обеспечивается за счет следующих особенностей технологии.

Высокий уровень внутренней самозащищенности реакторной установки (РУ) и пассивной безопасности исключает возможность возникновения тяжелых аварий и позволяет отказаться от специальных систем безопасности, работающих в режиме ожидания (кроме аварийной защиты реактора), необходимых для традиционных типов АЭС, что значительно удешевляет РУ.

Выбор мощности реакторного модуля на уровне 100 МВт(э) обеспечивает высокую серийность производства, возможность полного заводского изготовления модуля и его доставки на площадку АЭС не только автомобильным или водным, но и железнодорожным транспортом. Возможность сооружения на базе единого унифицированного реакторного модуля энергоблоков большой, средней и малой мощности различного назначения, включая атомные ТЭЦ и опреснительные энергокомплексы.



Модульная структура ядерной паропроизводящей установки (ЯППУ) энергоблока позволяет использовать методы типового проектирования энергоблоков различной мощности и поточные методы организации строительно-монтажных работ. Уменьшится срок окупаемости капиталовложений за счет более ранней выдачи товарной продукции и начала погашения кредита в сравнении с энергоблоком на основе реактора большой единичной мощности.

По завершении срока службы реакторного модуля (50–60 лет) он, после выгрузки отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и свинцово-висмутового теплоносителя (СВТ), может быть демонтирован и помещен в хранилище твердых радиоактивных отходов (ТРО), а на его место установлен новый реакторный модуль. При этом срок службы АЭС может быть повышен до 100–120 лет при затратах, вдвое меньших в сравнении со строительством нового энергоблока. При окончательном выводе энергоблока из эксплуатации в здании ЯППУ после демонтажа реакторного модуля радиоактивных материалов практически не остается, что значительно снижает затраты на вывод из эксплуатации.

Возможность работы реактора на топливе разных видов и в различных топливных циклах при продолжительности топливной кампании до 10 лет позволяет гибко реагировать на изменение конъюнктуры цен на урановом рынке. При использова-

нии МОКС-топлива реактор будет работать в режиме топливного самообеспечения, что делает возможным своевременный экономически обоснованный переход к замкнутому ядерному топливному циклу (ЯТЦ) с использованием ОЯТ ВВЭР и РБМК в качестве топлива подпитки без разделения урана, плутония, продуктов деления и младших актинидов (МА). При использовании смешанного нитридного топлива реактор может работать в режиме расширенного воспроизводства.

СВТ исключит взрыв

Внутренняя самозащищенность реактора в отношении тяжелых аварий во многом обусловлена природными свойствами СВТ.

СВТ химически инертен. Он слабо взаимодействует с водой и воздухом. Протекание процессов, связанных с потерей герметичности I-го контура и с межконтурными течами ПГ, происходит без выделения водорода и каких-либо экзотермических реакций. В составе активной зоны и реакторной установки отсутствуют материалы, выделяющие водород в результате термического и радиационного воздействий и химических реакций с теплоносителем. Все это исключает возможность возникновения химических взрывов и пожаров по внутренним причинам.

Системы, важные для безопасности, срабатывают пассивно и не содержат элементов, отказ которых или влияние на которые человеческого фактора могли бы воспрепятствовать их срабатыванию.

Потенциал безопасности РУ СВБР-75/100, как показали расчеты, характеризуется тем, что даже при сочетании таких постулированных исходных событий, как разрушение защитной оболочки, железобетонного перекрытия над реактором и разгерметизация газовой системы первого контура с прямым контактом «зеркала» СВТ в корпусе моноблока с атмосферным воздухом, полное обесточивание АЭС – не происходит ни разгона реактора, ни взрыва, ни пожара, а выброс радиоактивности в окружающую среду не достигает значений, при которых требуется эвакуация населения за оградой АЭС.

Важно, что свойства внутренней самозащищенности и пассивной безопасности подтверждены не только расчетами, но могут быть продемонстрированы без экономического и радиационного ущерба при испытаниях в контролируемых условиях на опытно-промышленной РУ СВБР-75/100.

На рисунках 1 и 2 показаны реакторный модуль и размещение оборудования РУ в помещении.

Результаты технико-экономических расчетов, выполненных на этапе концептуального проекта, показывают, что АЭС с двумя блоками мощностью 1600 МВт-э каждый на базе РУ типа СВБР-75/100 имеет лучшие технико-экономические показатели в сравнении не только с показателями АЭС на базе традиционных тепловых и быстрых реакторов большой мощности, но и с показателями ТЭС с десятью блоками ПГУ-325, работающими на природном газе. Срок строительства такой АЭС может быть доведен до 3,5 лет, а с учетом возможности ступенчатого наращивания мощности модульной ЯППУ выдача товарной продукции может начаться не позднее чем через три года после укладки первого бетона. При учете дополнительного финансирования по обслуживанию кредита преимущество модульной АЭС будет еще выше.

Ломающая стереотипы

Говоря о широком применении реакторных установок с СВТ в атомной энергетике, необходимо рассмотреть специфические аспекты, связанные с использованием висмута в составе теплоносителя: радиационную опасность альфа-активного радионуклида полония-210, образующегося при облучении нейтронами висмута, сравнительно высокую стоимость висмута, малый объем его производства и разведанные ресурсы. В связи с указанными вопросами нужно отметить следующее.

Опыт эксплуатации РУ АПЛ показал, что разработанные меры обеспечения радиационной безопасности исключили облучение персонала, нахо-

дившегося в отсеках АПЛ при аварийных проливах СВТ и принимавшего участие в ремонтно-восстановительных работах, в дозах, превышающих допустимые. Американские и японские специалисты, проведя свои исследования и проанализировав имеющийся опыт, также пришли к выводу, что образование полония в СВТ не является препятствием для использования этого теплоносителя в АЭ будущего.

Имеющиеся до последнего времени справочные данные по разведанным ресурсам висмута не позволяли рассчитывать на использование свинцово-висмутового теплоносителя в крупномасштабной АЭ. Однако относительно недавно специализированными предприятиями Росатома – ОАО «Атомредметзолото» и ВНИПИ протехнологии – были выполнены технико-экономические исследования возможности организации крупнотоннажного производства висмута в России и оценка ресурсов висмута в странах СНГ. Их результаты показали, что в России только на базе месторождений висмута в Читинской области может быть обеспечено его рентабельное производство в объемах, достаточных для ввода около 70 ГВт-э мощностью АЭС с БР, использующими СВТ, с темпом 1 ГВт-э в год. Кроме того, большие месторождения висмута имеются на Северном Кавказе. Месторождения Казахстана способны обеспечить ввод ~300 ГВт-э. Японские исследователи оценили, что доступные мировые ресурсы висмута составляют около 5 миллионов тонн.

При существующих мировых ценах на висмут его вклад в капитальные затраты на сооружение крупной АЭС на базе рассматриваемых БР составляет около одного процента. Поэтому технико-экономические показатели АЭС ухудшатся несущественно даже при возрастании цены висмута в несколько раз.

В будущем, при исчерпании дешевых ресурсов висмута, возможен переход на сплав свинец-висмут неэвтектического состава с уменьшенным содержанием висмута, но с повышенной точкой плавления.

Одобрено и забыто?

Предлагаемая ядерная энергетическая технология опирается на критически осмысленный опыт эксплуатации 12 реакторных установок с теплоносителем свинец-висмут на АПЛ и наземных стандах прототипах (80 реактор-лет) и не требует для своего внедрения проведения длительных крупномасштабных предпроектных НИОКР. На начальном этапе освоения этой технологии были значительные трудности, связанные с отсутствием опыта. Это характерно для освоения любой новой технологии.

Высокие потребительские качества реакторных установок СВБР-75/100 и обширный незаполненный рынок для реакторов малой и средней мощности, удовлетворяющих требованиям безопасности, экономики и нераспространения, позволяют России (пока еще монополю владелицей реакторной свинцово-висмутовой технологией) занять доминирующее место в указанном секторе рынка высоких ядерных технологий и расширить экспортные возможности отрасли.

На ближайшем этапе развития атомной энергетики России наиболее привлекательной областью применения реакторных установок СВБР-75/100 с точки зрения экономической эффективности представляется реновация энергоблоков, выводимых из эксплуатации после исчерпания продленного срока службы, вместо строительства новых замещающих мощностей. Под программу реновации существующих мощностей потребуется около 300 модулей. Это предопределяет их серийное («конвейерное») производство с соответствующим снижением стоимости.

Результаты работ по данному направлению были рассмотрены и одобрены на заседании НТС концерна «Росэнергоатом» 5 ноября 1998 г., 27 мая 2002 г. и на совещании у Министра Российской Федерации по атомной энергии А.Ю. Румянцева 7 декабря 2002 г. Дело за реализацией этих решений.

О реакторах нового поколения



Р.М. Яковлев
Радиевый институт им. В.Г. Хлопина

Материал подготовлен при участии:
М.Б. Игнатъева
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
Н.Н. Комарова, Ю.И. Родионова, Д.Н. Суглобова
Радиевый институт им. В.Г. Хлопина,
Ю.И. Кузюкина
Военно-морская академия им. Н.Г. Кузнецова

Прогнозируемый в перспективе значительный рост мировых потребностей в энергии сопровождается истощением дешевых ресурсов углеводородного топлива и достижением опасных пределов загрязнения атмосферы продуктами горения химических топлив (табл. 1). Наиболее реалистичное решение этой проблемы состоит в развитии ядерной энергетики большого масштаба, способной обеспечить основную часть прироста потребностей в энергии и топливе (табл. 2). Но действующая атомная энергетика приводит к наработке огромных количеств органических и неорганических радиоактивных отходов различного уровня загрязнения, фактически создаются «фабрики по наработке неиспользуемых радиоактивных отходов» (справка 1). Все это привело к практически полной утрате доверия общественности к развитию ядерной энергетики.

Кроме того, использование делящихся материалов малоэффективно — ядерный цикл не замкнут, нарабатывается плутоний и трансурановые элементы, а делящегося урана — в природном уране всего 0,7%.

Будущее ядерной энергетики зависит от успехов в разработке реакторов и топливных циклов нового поколения, которые обладали бы повышенной безопасностью и являлись экономически конкурентоспособными.

Временный творческий коллектив сотрудников НПО «Радиевый институт им. В.Г. Хлопина», Военно-Морской Академии им. Н.Г. Кузнецова и СПб ГУАП предлагают произвести разработку и поэтапную замену существующих атомных реакторов жидкосолевыми реакторами нового поколения на основе уран-ториевого топливного цикла. Такая замена позволит решить многие проблемы ядерной безопасности и рентабельности атомной энергетики.

Действующая атомная энергетика по ряду причин не является безопасной. Все существующие типы реакторов вынуждены обладать большим запасом реактивности, поэтому при любых уровнях защиты вероятность ядерного взрыва при аварийной потере теплоносителя исключить нельзя. Поскольку в ТВЭЛх всех существующих реакторов нарабатывается огромное количество радиоактивных отходов различного уровня активности, то фактически создаются фабрики по наработке очень опасных РАО, которые в экстремальных ситуациях могут быть выброшены за пределы реактора.

Принимаемые меры увеличения безопасности существующего типа реакторов стоят очень дорого и не исключают большого выброса радиоактивных продуктов в случае чрезвычайных ситуаций (в том числе, диверсий, а также сильных землетрясений). Таким образом, существующей ядерной энергетике внутренне присуща опасность.

Кроме того, для любой страны, вступающей на путь развития собственной ядерной энергетики на основе традиционного уран-плутониевого ядерно-

го цикла, создается реальная возможность получить с помощью сравнительно простой химии нужное для атомной бомбы количество оружейного плутония.

Скрупулезные подсчеты уровня опасности серьезных аварий на атомных станциях (типа Чернобыльской) для последующих поколений реакторов не годятся.

Исключить (или значительно уменьшить) выброс радиоактивных продуктов за пределы атомной станции, например, при попадании в него бомбы или ракеты, можно только в единственном случае: при отсутствии в реакторе данных продуктов.

Этого можно добиться, если перейти к реакторам без ТВЭЛов, то есть к системам с циркулирующим топливом, из которого в процессе циркуляции удаляются летучие и газообразные продукты.

Такого типа реакторы на тепловых нейтронах на основе циркулирующего в контуре солевого расплава фторидов были созданы в США в середине прошлого века. Один из них с 1965 года успешно работал в течение 5 лет. Топливом-теплоносителем (ТТН) являлся расплав солей (фторидов) лития (Li), натрия (Na), бериллия (Be), 235 урана (5U) и 232 тория (2Th) с температурой плавления около 470°C. Первоначально ядерным топливом при запуске жидкосолевого реактора (ЖСР) является 5U, который по мере выгорания замещается 233 ураном (3U), нарабатываемым из 2Th. В зависимости от конструкции возможно создание ЖСР с коэффициентом воспроизводства, обеспечивающим режимы от конвертера (компенсация выгоревшего 5U) до бридера (расширенное воспроизводство 3U).

В СССР в 70–80-х годах прошлого века были созданы экспериментальные петли с циркуляцией расплава на действующем реакторе в ИАЭ им. И.В. Курчатова. В отличие от всех других реакторных систем удалось показать, что реакторы на расплавах фторидов урана и тория в различных композициях с фторидами легких металлов обеспечивают высокий (больше 1) коэффициент воспроизводства урана-233. Было создано несколько эскизных проектов для больших энергетических реакторов. Но финансирование всех работ по ЖСР за рубежом было свернуто, так как выяснилось, что при наработке делящегося изотопа урана-233, образующегося из тория-232, появляется интенсивное жесткое гамма-излучение. Это обстоятельство полностью исключало возможность использования ториевого цикла для ядерного оружия, что и привело к утрате интереса к уран-ториевому циклу. Ставка была сделана на уран-плутониевый цикл с использованием реакторов на быстрых нейтронах для наработки оружейного плутония-239 из урана-238.

Принципиальными преимуществами уран-ториевого топливного цикла с ЖСР перед уран-плутониевым циклом с ВВЭР являются следующие:

1. В любых ситуациях исключен выброс за пределы ядерного реактора большого количества высокорadioактивных продуктов ядерных реакций. Это обеспечивается непрерывным выведением из

контура большей части высокорadioактивных газов, летучих и других растворенных и взвешенных в расплаве топлива-теплоносителя элементов, в том числе и нуклидов, с большими сечениями захвата нейтронов. Например, при рабочих температурах расплава ТТН легко удаляются инертные газы ксенон и криптон, йод, а также летучие фториды редкоземельных элементов, образующиеся при подаче в контур некоторого количества фтора. В контуре ЖСР просто отсутствует большое количество высокорadioактивных трансурановых элементов, а также нет плутония. А те, что и появляются, непрерывно трансмутируются, выжигаются.

2. Для ЖСР не существует проблемы надежности ТВЭЛов, поскольку вся активная зона представляет собой один большой ТВЭЛ в виде расплава топлива-теплоносителя.

3. Рациональное использование ядерного топлива в виде 235 урана. Первоначальная загрузка ЖСР 235 ураном необходима лишь для обеспечения критичности в начальный момент кампании и в 2 раза меньше, чем у ВВЭР аналогичной мощности. Высокоэффективный баланс нейтронов в ЖСР обеспечивается отсутствием в его активной зоне конструкционных материалов — поглотителей нейтронов и возможностью непрерывного выведения из контура ТТН продуктов деления — активных поглотителей нейтронов. Кампания ЖСР любой длительности, вплоть до его полного срока службы, обеспечивается путем периодической подпитки контура топливо-теплоноситель фторидом тория, что вполне осуществимо в процессе работы ЖСР на любом уровне мощности.

4. Ядерная, радиационная, экологическая безопасность ЖСР при работе по уран-ториевому циклу существенно выше, чем ВВЭР и реакторов с жидкотеплоносительным топливом, работающих по уран-плутониевому циклу.

Внутренняя ядерная безопасность обеспечивается хорошей способностью к саморегулированию мощности за счет высокого отрицательного температурного коэффициента реактивности и такой организацией процесса выгорания и наработки ядерного топлива, что ни в какой момент кампании в течение всего срока службы реактора не может быть достигнуто существенного превышения критичности в активной зоне.

Высокая радиационная безопасность обеспечивается тем, что при утечке и даже разбрызгивании, разбрасывании расплава ТТН, (например, в результате взрыва фугасного или иного боеприпаса) расплав неизбежно охлаждается на воздухе или в воде и превращается в куски фторидного стекла высокой плотности и радиационной стойкости. Содержания радиоактивных элементов в расплаве ТТН и, следовательно, в образовавшемся стекле, недостаточно для расплавления последнего без посторонних источников тепла, а высокая плотность стекла препятствует их распространению с водой и ветром в обычных условиях. Известно, что остекловывание является одним из лучших способов захоронения радиоактивных отходов.

Высокая экологическая безопасность обеспечивается тем, что элементный и изотопный состав продуктов ядерных реакций с 232 торием, 233 и 235 ураном и их производными требует организации надежного хранения (в виде блоков фторидного стекла) в течение всего лишь сотен (до тысячи) лет, т.е. в тысячу раз менее длительные сроки, чем для радиоактивных отходов уран-плутониевого цикла (без их трансмутации, дожигания).

5. Высокий КПД ядерной энергоустановки на базе ЖСР. Расплавы солей фторидов устойчивы при большой радиационной нагрузке и температурах до 2000°C и выше при весьма незначительном давлении их паров в контуре циркуляции. Это позволяет получить высокий термический КПД газотурбинного и паросилового циклов, а также осуществлять непосредственное преобразование тепла в электроэнергию с высоким КПД при низком давлении в контуре циркуляции РТТН, обусловленном лишь требованиями со стороны циркуляционных насосов.

Справка 1

Ежегодные радиоактивные отходы АЭС

1 ГВт*год выработанной электроэнергии на АЭС с реакторами ВВЭР-1000 сопровождается образованием 90 т отходов в пересчете на твердые солевые низко- и среднеактивные отходы и 20 т облученного ядерного топлива, на АЭС с реакторами РБМК — соответственно 250 т и 47 т.

При переработке одной тонны облученного ядерного топлива из реактора типа ВВЭР образуется жидких радиоактивных отходов:

высокоактивных — 4,5 м³,
среднеактивных — 150 м³,
низкоактивных — до 2000 м³.

6. Способность снабжать теплом промышленность, теплофикацию, сельское хозяйство, что обеспечивается высокой температурой расплава ТТН (свыше 1000°C) и утилизацией остаточного тепла в используемых термодинамических циклах.

К недостаткам ЖСР следует отнести:

1. Высокую коррозионную активность солевых расплавов на основе фторидов, особенно при температурах выше 700°C. Это не позволяло ранее существенно поднять термический КПД цикла при использовании традиционных сплавов типа хастеллой в материалах конструкций ЯРУ.

2. Недостаточную радиационную стойкость конструкционных материалов из графита, применявшегося в отдельных элементах конструкции ядерного реактора, что требовало замены этих элементов через 4–5 лет эксплуатации.

3. Дороговизну получения применявшегося для приготовления расплавов ТТН лития, обогащенного до 99,8% 7 литием. Однако даже оставшиеся 0,2% 6 лития приводили к очень большим наработкам из него трития. Тритий обладает исключительно высокой способностью проникать через любые конструкционные материалы в окружающую среду, а затем и в живые организмы, вызывая их тяжелые поражения.

Однако в последнее время в Санкт-Петербурге в ГУП «НПО Радиевый институт» и ряде других организаций разработаны передовые достаточно дешевые технологии получения коррозионно-, радиационно- и термостойких материалов на основе новых типов керамических материалов, покрытий и модифицированных углеродов с широким спектром свойств, а также новые рецептуры расплавов ТТН.

Например, модифицированные углероды обладают следующим спектром свойств:

- теплопроводность от 0,06 Вт/м°C и до 220 Вт/м°C в пределах рабочих температур (200–1000°C) и выше. Это позволяет получить композитные конструкции со свойствами от теплоизоляторов до теплопередающих стенок с заданным законом изменения теплопроводности по выбранным направлениям. Например, теплообменные аппараты (ТОА) из композитных материалов могут обладать заданным законом изменения теплопроводности по высоте ТОА. Это позволит организовать прямой теплоотвод от расплава ТТН к воде в прямоточном парогенераторе (ПГ) или в ПГ с

Топливный цикл	Выбросы					
	SO ₂	NO _x	CO	CH ₄	CO ₂	Твердые частицы
Уголь	12,5	3,0	0,24	0,05	1100	0,9
Нефть	8,3	4,5	0,61	1,25	640	0,86
Газ	13,7	3,4	0,06	0,01	530	0,14
ЯЭ	1,5	0,4	0,01	0,005	8,0	0,4

Табл. 1. Атмосферные выбросы от различных топливных циклов, включая стадию производства электроэнергии г/(кВтч·ч) (эл.)

Топливный цикл	Установленная удельная стоимость (\$/кВт)	Капитальная составляющая себестоимости (цент/кВт)	Топливная составляющая (цент/кВт)
Уголь	1000–2000	0,4–0,8	1,5
Нефть	800–1200	0,3–0...5	3,0
Газ	500–900	0,2–0,34	5,0
ЯЭ	1000–2000	0,4–0,8	0,9 (0,6+0,2+0,1)

Табл. 2. Конкурентоспособность различных циклов производства электроэнергии

Гибридная установка на базе термоядерного и жидкосолевого реакторов

Г.М. Воробьев
СПбГУ

Пятидесятилетняя история термоядерных исследований, которые позволили бы получить неисчерпаемый безопасный и экологически чистый источник энергии, пока не увенчались созданием промышленной энергетической установки.

На европейском большом токамаке JET получен ток плазмы порядка 5 МА. Но все преимущества ТЯЭУ (радиационная чистота, неиссякаемый источник топлива, безопасность с точки зрения терактов), пока перевешиваются колоссальными затратами на ее создание. Даже тот промежуточный вариант реактора, который строится сейчас, будет стоить 5–8 млрд долл., что на два порядка больше затрат на реализацию жидкосолевого уран-ториевого реактора.

В научно-техническом плане интересен гибридный вариант термоядерного и жидкосолевого реактора, позволяющий решить многие проблемы более просто и менее затратно.

Для того, чтобы в токамаке началась самоподдерживающаяся реакция, плазму надо разогреть от нуля до примерно 100 млн градусов, дальше она горит сама. Но создать такой режим исключительно сложно. Для этого требуется сверхсложная конструкция, высокий вакуум, сверхпроводимость, высокие температуры и большие затраты энергии. Возникающие в результате термоядерной реакции нейтроны желательнее не терять, а использовать в ядерном реакторе. Наиболее приемлемым вариантом является сочетание токамака с ЖСР с уран-ториевым циклом.

Если в уран-ториевых реакторах 7 литий не очищать от 6 лития, то в ЖСР будет нарабатываться тритий, являющийся топливом для термоядерного реактора. И наоборот, токамачное устройство можно использовать в качестве источника нейтронов для наработки топлива (3 уран из тория) для ЖСР. Практический уровень проработки позволяет уже сегодня создать такую систему, энергетически замыкающую термоядерный цикл.

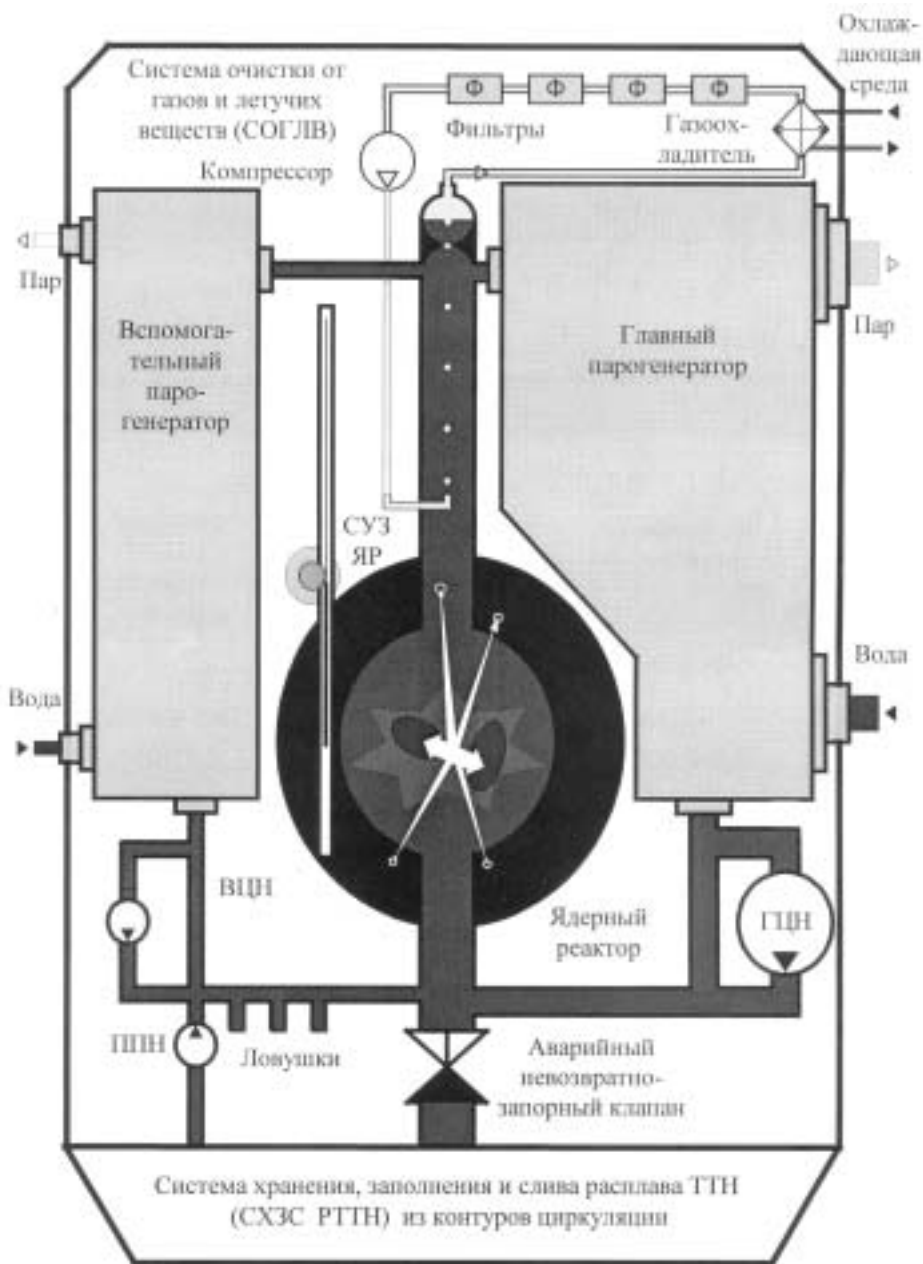


Рис. 1. Принципиальная схема модуля паропроизводящей установки с жидкосолевым реактором

многократной принудительной циркуляцией рабочего тела без промежуточного контура с теплообменником;

- стойкость в инертной атмосфере и в вакууме до температуры 3000°C;
- невозгораемость на воздухе при температурах до 700°C;
- несмачиваемость расплавами солей – фторидов ТТН;
- большая пластичность и др.

Разрабатываются технологии получения новых углерод-углеродных и металл-углеродных композитных конструкционных материалов, новых типов керамических материалов и покрытий с поистине уникальными свойствами.

Разработаны рецептуры стойких в радиационном отношении при температурах до 2000°C и выше расплавов топлива-теплоносителя на основе фторидов натрия, чем снимаются проблемы наработки трития из 6 лития.

Таким образом, использование новых материалов и технологий позволит решить проблемы радиационной, химической и термической стойкости элементов ядерных реакторов с ЖСР. Достиженные успехи делают возможной и необходимой постановку вопроса о разработке ЯРУ с ЖСР повышенной безопасности и надежности, в том числе, и с длительными сроками службы для энергетических установок широкого диапазона мощностей.

С нашей точки зрения, целесообразно начинать с установок сравнительно небольшой мощности, например, транспортных ядерных энергетических установок с ЖСР на тепловых нейтронах мощностью 50–150 МВт. Такие установки будут обладать следующими характеристиками:

1. Постоянная готовность к немедленному развитию мощности.
2. Предельно достижимые в ядерной энергетике уровни ядерной, радиационной и экологической безопасности.

3. Долговечность ЯРУ с ЖСР не ниже планируемых сроков службы кораблей (судов) в 40 и более лет.

Компенсация выгоревшего 232 тория осуществляется путем подпитки свежим фторидом тория, осуществляемой системой хранения, заполнения и слива расплава ТТН из контура циркуляции

без его вскрытия и при работе на любом уровне мощности.

4. Минимальные уровни физических полей, генерируемых ядерными реакторными установками с ЖСР (в первую очередь, акустического, теплового и радиационной следности) в процессе работы по назначению и при бездействии.

5. Рационально минимальные массы и габариты ядерных реакторных установок и ядерных энергетических установок в целом, достигаемые путем:

5.1. Расположения в массиве графитового отражателя ядерного реактора промежуточных теплообменников при их наличии и парогенераторов, выполненных из композитных углерод-углеродных и металл-углеродных конструкционных материалов.

5.2. Изготовления корабельных (судовых) модульных атомных электростанций в отдельных автономных корпусах (блоках), приспособленных к транспортировке.

Все это позволит создать блочное и модульное исполнение функциональных комплексов технических средств ядерных реакторных установок на машиностроительных заводах, обеспечить их изготовление и пусконаладочные работы, включая и проверки в рабочих режимах на стендах. Обеспечить доставку и монтаж в собранном виде готовых блоков и модулей на корабле (суда), строящиеся (ремонтирующиеся) на кораблестроительных (судоремонтных) предприятиях.

6. Унификации конструкций модулей ЯРУ и МАЭС для выбранного мощностного ряда энергетических установок надводных кораблей, судов и подводных лодок, что позволит существенно снизить стоимость их изготовления, технического обслуживания, ремонта и утилизации.

Кроме того, создание определенного запаса унифицированных модулей ЯРУ и МАЭС для обеспечения их агрегатного ремонта позволит сократить сроки стоянки кораблей и судов у причалов судоремонтных заводов и не выйти за пределы продолжительности ремонта общекорабельных (общесудовых) систем и устройств.

Один из возможных вариантов модулей корабельных (судовых) ядерных реакторов приведен на рис. 1.

Справка 2

Атомная энергетика, основанная на уран-ториевом цикле с использованием ЖСР позволит:

- Повысить эффективность использования загружаемого ядерного топлива в 30–40 раз (благодаря высокому КВ требуется только начальная загрузка делящимися материалами).
- Исключить весьма трудоемкий и дорогой процесс изготовления ТВЭЛов и ТВС, их хранения после облучения в реакторе (25 тонн в год для блока ВВЭР-1000) и последующей утилизации.
- Осуществить экономию средств на одном реакторе эл. мощностью 1000 МВт 50 млн долл. в год или 2500 млн долл. за 50 лет работы реактора.
- Полностью обеспечить внутреннюю безопасность работы реактора (благодаря отсутствию запаса реактивности, низкому давлению в контуре).

- Исключить выброс радиоактивности в экстремальной ситуации: террористический акт, падение самолета и др. (из-за отсутствия летучих веществ в контуре и возможности слива расплава в аварийный резервуар).
- Полностью решить проблему нераспространения ядерного оружия из-за высокого уровня жесткого гамма-излучения в ядерном топливе.
- Решить проблему с долгоживущими (миллионы лет) радиоактивными отходами.
- Обеспечить энергетикой источником высокотемпературного тепла (до 2500°C).
- Разведанные природные запасы 232 тория в России обеспечат ее потребности в электрической и тепловой энергии в течение более 2000 лет.

Не все так просто

Оптимизм по поводу ближайшей перспективы создания и использования жидкосолевого реакторов на основе уран-ториевого цикла разделяют не все разработчики ядерных энергетических установок.

Свое видение этой проблемы представляет Э.Л. Петров, главный конструктор ФГУП «ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова».

Необходимо отметить, что ЖСР позволяют включить в сферу ядерного производства и радиационных технологий новый класс делящихся материалов и тем самым существенно расширить ресурсную базу энергетики.

При должной организации топливного цикла ЖСР позволит сократить количество делящихся материалов в объеме реактора, что потенциально будет способствовать более эффективному обеспечению ядерной безопасности.

Очевидно, что ЖСР позволит более оперативно выделять изотопы для радиационных технологий.

При умеренных температурах для ЖСР существует реальная база конструкционных материалов, которая открывает возможности разработки и сооружения установки-прототипа.

Привлекательна собственно разработка ядерного реактора, в активной зоне которого отсутствуют какие-либо конструкционные материалы, кроме корпуса. Массовое изготовление тепловыделяющих

элементов (ТВЭЛ) требует организации выпуска особо тонкостенных труб, размещения ядерного топлива в зависимости от законов энерговыделений и высококачественной сварки концевиков. Все эти процессы сопровождаются 100-процентным контролем качества, что предполагает и выбраковку ТВЭЛ. Производство ТВЭЛ является дорогостоящим процессом, и затраты на него могут достигать 50% стоимости активной зоны.

Радиационная, коррозионная и циклическая повреждаемость оболочечных материалов ТВЭЛ является фактором, ограничивающим кампанию активной зоны. Это требует остановки реактора и его перегрузки. Кроме того, оболочечные материалы усложняют утилизацию и переработку отработавшего ядерного топлива.

К сожалению, существенное расширение состава оборудования и систем АЭУ с ЖСР, по сравнению с традиционными АЭУ с ВВЭР, требует размещения дополнительной биологической защиты и делает неприемлемым использование таких установок на кораблях. Главным аргументом противников использования реакторов с жидкосолевым топливом на кораблях является неприемлемость радиационной обстановки при аварийной разгерметизации реакторного контура и невозможность эвакуации экипажа в условиях моря.

Вместе с тем, для обитаемых объектов такие ограничения могут быть исключены.

И все-таки, по мнению авторов проекта, разработка жидкосолевого реактора на основе уран-ториевого цикла – дело реальное, требующее не столь больших затрат финансов (примерно 50 млн долл.) и времени (порядка 5 лет) при условии компактной организации проведения проекта.

Такая задача может быть осилена в рамках губернаторской программы в Санкт-Петербурге, где имеются все необходимые составляющие для реализации проекта, выдвинув, таким образом, город в лидеры мировой энергетики нового поколения.

Подготовила Тамара Девятова

Продвижение малой энергетики надо начинать с развития человека



Я.И. Бляшко
Директор Межотраслевого научно-технического объединения «ИНСЭТ»

О ситуации с освоением малой энергетики в российских регионах мы беседуем с генеральным директором Межотраслевого научно-технического объединения «ИНСЭТ» Я.И. Бляшко.

— Яков Иосифович, разработкой и комплектной поставкой микроГЭС и гидроагрегатов для малых ГЭС вы занимаетесь с 1989 г. В наше «рыночное» время самое сложное — не создать нужный продукт, а реализовать его, довести до покупателя. Специалисты, способных разрабатывать сложную наукоемкую продукцию, в России достаточно. Об этом можно судить и по вашей компании, и по предприятиям атомной отрасли — нашим читателям.

С какими проблемами столкнулись вы при продвижении столь необходимой регионам малой энергетики?

— Самая главная проблема — очень низкий квалификационно-образовательный уровень на местах. Ведь уровень эксплуатации любого оборудования — особенно энергетического определяется общим уровнем развития человека. За последнее время он очень сильно упал. В республике Алтай, Тыва, где еще живут выходцы из центральных европейских регионов, что-то можно делать. Там, где их не осталось, произошла полнейшая архаизация. Из 12 человек персонала на малой ГЭС в Узбекистане лишь один, служивший в свое время в армии на Дальнем Востоке, способен обслуживать оборудование 500 кВт-ной станции. На других никакие инструкции и предостережения не действуют.

Поэтому представить себе безопасную эксплуатацию малых АЭС в таких регионах очень сложно.

А как обслуживается ваша станция в Афганистане? Образовательный уровень населения примерно тот же.

— Наша 200 кВт-ная МГЭС «Файзабад» обслуживается местным персоналом, но практически каждый месяц туда выезжает наш специалист. В его присутствии все работает «как часы». Через неделю после отъезда раздается звонок. Приезжаем, разбираемся: «Что сделали?» — «Ничего не сделали». А подобной неисправности за десять лет эксплуатации не могло возникнуть.

То есть при внедрении малой энергетики, главная проблема не техническая, а человеческая?

— Да, основное — это человеческий фактор на всех стадиях — от самых верхних чинов до непосредственной obsługi на местах.

17 марта с.г. в Москве состоялось заседание Комитета по возобновляемым источникам энергии при Общероссийском Союзе научных и инженерных обществ. Этот комитет возглавляет бывший начальник Управления научно-техническим прогрессом Минэнерго П.П. Безруких, всю жизнь посвятивший энергетике и последние 15 лет занимающийся возобновляемой энергетикой. На федеральном уровне этими проблемами сейчас фактически никто не занимается. Ни Минэнерго, ни Федеральное агентство по энергетике. Все заявки и проекты рассматриваются на чиновничьем уровне путем регистрации документов, передачи их по инстанциям, фиксации в списках. Куда передали, зачем послали — никого это не интересует.

Собравшиеся на заседании Комитета специалисты по возобновляемой энергетике (гидро-, геоло-, ветро-, био- и т.д.) пришли к выводу, что надеяться надо только на свои силы. Никакие обращения в министерства дело с мертвой точки не сдвигают. Второй вариант закона о возобновляемой энергетике давно уже прописался в Думе. Поэтому помочь можем себе (и нашем потребителям) только сами.

За 16 лет мы поставили оборудование более, чем на 20 малых ГЭС и выпустили больше сотни микроГЭС. Основная часть из них за рубежом — в Гватемале, Бразилии, Японии, Швеции, Польше, Афганистане, Франции, Колумбии, Панаме, Латвии. Около 10 станций в странах СНГ — Белоруссии, Узбекистане, Казахстане, Армении, Грузии. А в Российской Федерации всего 7: две — в Башкирии, по одной — в Кабардино-Балкарии, на Алтае, в Тыве, в Адыгее, одна в Ленобласти.

А что в России теплее, чем в странах СНГ? Или меньше нужно дешевое электричество?

— Да, нет. В той же Ленинградской области в реконструкции нуждаются около 30 станций.

Работы по малой энергетике включены в Федеральную целевую программу «Энергоэффективная экономика на 2002–2005 гг. и на перспективу до 2010 г.», в соответствии с которой намечено строительство более 100 малых ГЭС с вводом их до 2010 г.

Но эффективнее взаимодействие непосредственно с регионами. Например, в республике Бурятия по нашим проектам начато строительство гидроузлов мощностью 1,5 МВт и 0,6 МВт, разрабатываются обоснования инвестиций еще по трем малым ГЭС. Глава правительства республики Потапов всеми силами поддерживает эти проекты, постоянно контролирует ход работ. Когда приезжает в село, где до этого сидели с керосиновой лампой, а теперь в домах свет, совсем другая жизнь!

Вы как декабристы несете европейскую культуру в глухие уголки Сибири.

— В Кош-Агачском районе, за который на всех перекрестках ругают Михаила Ивановича Лапшина, строится МГЭС на 500 кВт. Люди там работают очень добросовестные. Но реальные условия — труднейшие. Да еще эта политическая возня вокруг тех, кто делает конкретное дело, кому-то выгодна.

На северо-западе Байкала будет создана целая система МГЭС, которая решит проблему энергообеспечения этого региона.

Аналогичная работа проводится по решению руководства Челябинской, Читинской, Пермской областей, Ханты-Мансийского автономного округа.

Там, где региональные руководители поддерживают программу развития малой гидроэнергетики, проблем нет?

— Да, люди на местах должны осознать что они внедряют и для чего. Если в глубине души такого осознания нет, ничего делать они не будут.



МГЭС «Кызыл-Хая», Россия

А как решается проблема финансирования строительства таких объектов? Ведь даже малая ГЭС стоит больших денег.

Конечно, 60–70 млн руб. при отсутствии поддержки федерального центра самим республикам не потянуть. Вообще в России сегодня отсутствует платежеспособный спрос на оборудование для возобновляемой энергетики. Казалось бы, было принято решение 4% от Северного Завоза отчислять на развитие малой энергетики. Но, во-первых, такое финансирование очень растянуто во времени, а, во-вторых, в текущий момент на эти 4% сокращается сам завод. Создали замкнутый круг, не позволяющий выйти на вектор развития северных регионов.

Оборотной стороной финансового дефицита регионов является система дотаций. Совсем свежий пример — строительство МГЭС в селе Кызыл-Хая в Тыве. В селе проживает 500 человек. Всю жизнь им привозили топливо для дизельных установок. И на всем пути от поставщика до потребителя каждый от этого дизтоплива что-то имел. Сколько времени дизель работает, с какими параметрами выдает электричество — никто не контролировал и не интересовался. Запустили малую ГЭС, через полчаса закоротили отходящие провода. Оказывается теперь за электроэнергию надо еще и деньги платить! И население поселка в один момент стало злейшим врагом развития возобновляемой энергетики. Дотации этих людей развратили. Станция не работает, потому что никому не надо, чтобы она работала.

Яков Иосифович, вы нарисовали довольно мрачные перспективы развития возобновляемой малой энергетики в России. Но у тех же тывинцев много детей, которые учатся в интернатах, оснащенных компьютерами и другой современной техникой. На дизелях уже не продержатся.

— Но это поколение должно вырасти, обустроиться. Сознание должно созреть до соответствующего уровня. То, что насильственно спускается сверху, отторгается однозначно.

То есть ближайшая перспектива внедрения возобновляемой малой энергетики в отдаленные российские регионы очень призрачна?

— Только при организации соответствующего уровня обслуживания с периодическим привлечением специалистов по малым ГЭС. Тем более, когда речь идет об использовании атомных энергоустановок.

Но может быть их обслуживание могли бы взять на себя уволенные в запас представители того же ВМФ с Северного, Тихоокеанского флотов, хорошо знакомые с подобными энергосистемами?

— К сожалению, военные «пенсии» работать не очень хотят.

Опять человеческий фактор и два бича кризисных времен — социальная апатия и социальная агрессия тормозят разрешение

застойной ситуации с развитием экономики регионов.

— Работать и как-то пытаться изменить ситуацию все равно нужно. На нашем поколении Россия не кончается. Просто надо ответственно и хорошо делать то, что умеешь.

Надеюсь, что ваша практика поможет энтузиастам малой атомной энергетики (тоже по сути возобновляемой) продвинуть свои разработки в самые удаленные уголки России.

Беседовала Тамара Девятова



Четырехлопастная пропеллерная гидротурбина



МГЭС «Кызыл-Хая», Россия, 3х55 кВт



Здание Лукомальской ГЭС, Беларусь

Плавучие АЭС усиливают риски и угрозы распространения



Н.И. Миронова
Председатель
Движения
«за ядерную
безопасность»,
помощник депутата
ГД РФ
E-mail:
«natalia.mironova
@rambler.ru»

Как утверждают эксперты, идею создания плавучих атомных станций впервые сформулировал Ричард Экерт, вице-президент «The Public Service Electric and Gas Co. Of New Jersey», США, в 1969 году. Он даже добился создания в «Вестингауз» дочерней энергетической компании — «Offshore Power Systems», которая планировала построить в 1980–1981 годах восемь плавучих атомных станций мощностью 1150 МВт каждая. Идея провалилась, несмотря на затраченные компанией 180 млн долларов США, из-за сопротивления властей прибрежных штатов, сопротивления общественности и явной экономической неэффективности проекта.

Однако планы Росатома по строительству и продаже плавучих атомных станций, в первую очередь, в Юго-Восточную Азию и Китай, не остановил даже декабрьский цунами 2004 г., перед которым оказались бессильны правительства. Скорее всего, непредсказуемость стихии все же снизит покупательскую активность этих стран.

Видимо, рынок, на который предстоит рассчитывать строителям ПАЭС — внутренний рынок России. На этом рынке уже появились первые покупатели. Например, ОАО «ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез». Руководство этой дочки ЛУКОЙЛа считает наиболее актуальной задачей использование малых атомных энергетических установок¹. Генеральный директор ОАО считает, что установка малых атомных энергетических станций позволит снизить энергозатраты предприятия.

Трудно определить, как это удастся сделать генеральному директору, если стоимость ПАЭС на МВт сравнима со стоимостью бриднерной атомной станции, которая в 2,5 раза выше стоимости АЭС на тепловых нейтронах. Росэнергоатом определяет стоимость 50 МВт Северодвинской ПАЭС от 109 до 145 млн долларов. То есть, если измерять слонами, т.е. 800 МВт БН-ами, то получится от 1,8 до 2,4 млрд долларов на 800 МВт. Каким же образом ПАЭС помогут ЛУКОЙЛу снизить энергетические затраты? Может быть, следует поискать скрытые механизмы переноса затрат?

Можно обнаружить, что в комплекс ПАЭС должны также войти гидротехнические сооружения, ограждающие акваторию базирования плавучего энергоблока от природных и техногенных воздействий, и береговые сооружения, обеспечивающие прием и передачу электроэнергии и тепла потребителю. Интересно, что инвестиции в строительство береговых сооружений (около 10% стоимости станции) в «месте приписки» планируется осуществлять за счет местных бюджетов.

Кроме оборудования акватории базирования, предстоят еще расходы на обеспечение радиационной безопасности портов Российской Федерации при заходе и стоянке в них ПАЭС. Перегрузка реакторов по разным источникам будет производиться раз в 7–10, 12 или 14 лет. Но оборудование портов и готовность персонала должны под держиваться весь период эксплуатации — 40 лет. Интересно, включен ли в стоимость ПАЭС весь набор мероприятий, предписанный для портов санитарными правилами СП 2.6.1.01-04? А если нет, то кто будет компенсировать эти затраты, и не является ли это переносом затрат Росэнергоатома на другие хозяйствующие субъекты?

Скрытые и перенесенные затраты ставят под вопрос добросовестность конкуренции при продвижении ПАЭС на мировой рынок. Нетрудно предвидеть антидемпинговые меры, которые последуют за этим. В 2002 году Герман Греф признал, что «за последние 5 лет количество антидемпинговых процедур против торговых агентов РФ выросло в 4 раза и достигло 120. Это приносит ущерб более 4 млрд долларов в год»².

Каждый акт рыночного обмена характеризуется выгодой, получаемой участниками обмена и издержками, которые требуются для его осуществления. Издержки рыночного обмена, которые принято называть транзакционными, кроме расходов на обеспечение сделок денежными средствами, управление сделками, в том числе, установление нарушений и штрафование, включают также ряд неустойчивых параметров. Именно на этих неустойчивых параметрах, зависящих от информационной «асимметрии», и строится выгода. Три параметра, связанные с индивидуальным знанием и информацией, а именно оценка полезности обмениваемого товара, определение рисков сделки и включение премии за риск, и расходы, связанные с поддержанием неформального доверия между участниками обмена. Обмен доверием относится к формам денежного обмена, мерой его стоимости выступают альтернативные издержки, которые измеряются потерями, возникающими при отсутствии доверия. Структурами, регулирующими рынок, становятся общественные (в широком смысле) институты, создающие нормативно регулирующую среду. В качестве норм могут выступать как юридические акты, так и моральные ценности. Приведем высказывание известнейшего рыночного аналитика Фрэнсиса Фукуямы: «Закон, договор, экономическая целесообразность необходимы, но недостаточны в качестве основы стабильности и благополучия... к ним следует добавить такие понятия, как принципы взаимности, моральные обязательства, долг перед обществом и доверие, которые основаны на традициях и обычаях, а не на рациональном расчете»³.

Развитый рынок сохраняет устойчивость благодаря нравственным принципам, основанным на признании не только свободы, но и ответственности каждого участника рынка.

Российские государственные и негосударственные рыночные агенты, а в нашем случае, это наследники и представители военно-промышленного комплекса и Росатома, при выходе на мировой рынок вносят дополнительное возмущение, прежде всего, в информационно неустойчивые параметры. При этом оценка полезности привычно подменяется моделью распределительной экономики, при которой не спрос определяет производство, а производство формирует распределение, создавая квази-рынки. Определение рисков подменяется позиционированием агентов в политической иерархии государства.

Выход на международный рынок подобных агентов с коммерческими предложениями по цене, сниженному за счет переноса затрат, поставил моральные устои рынка перед непреодолимым соблазном получения выгоды агентами рынка за счет общественных издержек.

Это в полной мере можно отнести к схемам, реализуемым в топливном цикле Росатома. В подтверждение наших выводов приведем цитату из выступления на Правительственном часе в Государственной Думе РФ 5 марта 2003 г. министра по атомной энергии Александра Румянцев: «Вопрос об отработавшем ядерном топливе достаточно ключевой в каждой стране, которая исповедует ядерную энергетику. В настоящее время обращение с топливом регламентировано соответствующими законами и теми поправками, которые вы приняли к этим законам, глубокоуважаемые депутаты, в прошлом году. Я должен отметить, что прямо с июня прошлого года, вернее, позапрошлого уже, 2001 года эти поправки заработали в полной мере, потому что они обеспечили нам законодательную базу легитимного

присутствия на мировых рынках — при строительстве атомных станций в Китае, в Индии, в Иране. Это сняло множество вопросов у наших западных партнеров по транспортировке отработавшего ядерного топлива из Болгарии, из Украины, из других стран, где сооружены по советским, российским проектам атомные станции. Поэтому эта нормативная база, усовершенствованная поправками 2001 года, в значительной степени работает и обеспечивает все наши действия в правовом поле»⁴.

Рыночная «редкость» сделок Росатома, совершаемых в сфере мирного использования атомной энергии и, позднее, в области ядерного разоружения⁵, заключается в получении выгоды агентами рынка за счет общественных издержек. Ярким примером служат усилия Минатома сформировать предложение уран-плутониевого топлива на основе «нулевой цены»⁶ плутония, тогда как его стоимость, как минимум, в 4 раза выше стоимости 90% военного урана⁷, или предложение плавучих атомных станций.

«Вброс» в коммерческий сектор военных ресурсов и технологий по «нулевой» или заниженной цене лежит в основе демпингового поведения Минатома на внешнем рынке и создает угрозу применения к нему антидемпинговых мер. Более того, поддержание спроса на свою продукцию Минатом формирует и удерживает путем переноса затрат и занижения цены на топливные услуги как на внешнем, так и на внутреннем рынке.

Получение выгоды участниками международного рынка с переносом издержек рыночного обмена на социум были сформированы в 70-е годы в отношении стран третьего мира, когда наблюдались массовые попытки использования территорий африканских стран для размещения промышленных отходов.

В 60–80-е годы антиэкологическая политика западного бизнеса в отношении стран третьего мира привела к подъему общественного недовольства, росту экологического движения на Западе и в США, что ускорило формирование экологической этики.

В итоге, был принят целый ряд международных соглашений, запрещающих использование территорий слаборазвитых стран для захоронения токсичных отходов.

Стокгольмской Декларацией ООН был сформулирован основополагающий принцип: «Введение в окружающую среду токсических веществ или других веществ и выброс тепла в таких количествах или концентрациях, которые превышают способность окружающей среды обезвреживать их, должны быть прекращены, с тем, чтобы это не наносило серьезного или непоправимого ущерба экосистемам. Необходимо поддерживать справедливую борьбу народов всех стран против загрязнения»⁸.

Были приняты международные договоры о запрещении испытаний ядерного оружия⁹.

Международное сообщество создавало институты защиты окружающей среды. Принятая в 1974 году «Хартия экономических прав и обязанностей государств» гласит: «За защиту, сохранение и улучшение окружающей среды для нынешнего и будущих поколений несут ответственность все государства. Все государства должны стремиться к выработке своей собственной политики в области окружающей среды и развития в соответствии с этой ответственностью. Политики всех государств в области окружающей среды должны способствовать, а не оказывать неблагоприятное воздействие на нынешний или будущий потенциал развития развивающихся стран...»¹⁰.

Нужно отметить, что социум играл ведущую роль в формировании и развитии экологических ценностей и формировании международной экологической этики. Именно в это время возникли правозащитные, антиядерные и экологические общественные движения. Экологические запреты повлияли на реструктуризацию индустрии промышленно развитых стран и, по существу, ускорили развитие ресурсо- и энергоэффективных наукоем-

ких информационных технологий, и, обусловленную этим развитием, глобализацию и переход к постиндустриальному обществу. Постиндустриальное общество характеризуется снижением общественных издержек.

К общественным издержкам относятся и экологические издержки, которые либо не учитываются совсем, либо рассчитываются некорректно, т.е. без расчета ущерба от загрязнения окружающей среды. В результате принятой в Минатоме стратегии замкнутого ядерного топливного цикла, топливные предприятия Минатома загрязнили обширные территории России на сотни тысяч и миллионы лет. Именно столько времени до полного распада радионуклидов, с учетом всей цепочки их ядерных превращений, загрязненные территории будут сохранять повышенную угрозу жизни и здоровью людей.

Правительством РФ легализована схема перевода производственных издержек Росатома–Минатома–Минсредмаша в общественные издержки путем переноса компенсаций социального и экологического ущерба за причинителя этого ущерба на бюджетные Федеральные целевые программы, т.е., по сути, на социум.

Институциональная государственная защита поведения таких агентов международного рынка, как Росатом, компенсирующих огромные транзакционные издержки путем делегирования агентам политических прав, делает и рынок, и положение на нем государства как субъекта ответственности все более неустойчивым. Особенность транзакционных издержек в том, что в некоторых своих составляющих, например, поддержание неформального доверия, компенсации за риск и др., они находятся на опасном близком расстоянии от коррупции.

Третий важный аспект — нераспространение. Рынки ядерных материалов и технологий подпадают под международные ограничения по нераспространению ядерных материалов и технологий. Несоблюдение этих ограничений приводит к созданию черных и серых рынков, наличие которых уже получило подтверждение в обнаружении передачи военных ядерных технологий Пакистаном в Северную Корею.

Обогащение урана в прототипах реакторов плавучих АЭС доходит до 90%. И даже если это будет 60%, как планирует Росэнергоатом, продажа этой технологии и оборудования может быть затруднена ограничениями нераспространения ядерных материалов и технологий двойного назначения. Политический интерес покупателя (а им, как показывают намерения ЛУКОЙЛа, может стать не только правительство, но и любая коммерческая структура) в легальном получении технологии производства высокообогащенного урана. Тогда вопрос только в том, как скоро Роснефтегазатом, а следом за ним и Российское Правительство, и Россию как страну, объявят пролиферантом.

На то, что в мировом сообществе уже существует тенденция формирования подобного мнения, обратил внимание министр обороны С. Иванов в своем выступлении 13 января в неправительственном Совете по международным отношениям «Мир в XXI веке: противодействие новым вызовам и угрозам» в Нью-Йорке¹¹.

¹ Техническое перевооружение «дочки» «ЛУКОЙЛа». Химическая и нефтехимическая промышленность. 12.02.2004.
² Греф Г.О. О вступлении России в ВТО // Недвижимость и инвестиции. Правовое регулирование/ № 2–3 (11–12), август 2002.
³ Фукуяма Ф. Доверие. Социальные добродетели и создание благосостояния // Новая индустриальная волна на Западе. М.: Академия, 1999. С. 126–162.
⁴ Стенограмма Правительственного часа в ГД РФ. 5 марта 2003 г.
⁵ Левинский А. Коммерция под ядерным зонтиком: Россия теряет миллиарды в пользу американской фирмы. Известия 27.02.02 / http://izvestia.ru/economic/article15055
⁶ Концепция обращения с излишками плутония... М.: Минатом, 1998.
⁷ Некоторые аспекты проблемы утилизации избыточного оружейного плутония в России // Вестник РАН, т. 70, № 2, 2000. С. 117–128.
⁸ Стокгольмская Декларация ООН от 16 июня 1972 г. Глава II. Декларация принципов: Принцип 6.
⁹ Тиммербаев Р.М. Россия и ядерное нераспространение. 1945–1968. М. Наука, 1999.
¹⁰ Хартия экономических прав и обязанностей государств. 12 декабря 1974 // Глава III. Общая ответственность перед международным сообществом. Статья 30.
¹¹ Противодействовать новым вызовам и угрозам. Российское Военное Обозрение № 2. 28 февраля 2005 г.

Обзор хода реформ естественных монополий в России

В.С. МЫЛОВ

Президент Института энергетической политики, Москва

В соответствии с проводимой реформой электроэнергетики, 21 АО-энерго (из 52-х, участвующих в реформировании) уже разделились по видам бизнеса. Однако, в основном, это небольшие компании. «Точка невозврата» в реорганизации крупных АО-энерго еще не пройдена. На сегодняшний день зарегистрированы 3 оптовые генерирующие компании (ОГК) и 2 территориальные генерирующие компании (ТТК). Решение о сроках и способах продажи государством долей в оптовых генерирующих компаниях пока не принято.

Остается в силе положение стратегии РАО «ЕЭС России» «5+5», в соответствии с которым собственниками ОГК станут акционеры РАО «ЕЭС России», а значит, в значительной степени, «Газпром», которому принадлежит значительный пакет акций РАО ЕЭС.

Ориентировочной датой запуска конкурентного рынка электроэнергетики остается середина 2006 г. Но к этому моменту смогут быть проданы частным инвесторам не более 2-х оптовых генерирующих компаний. Основная генерация останется у государства.

С высокой долей вероятности можно констатировать системное нежелание властей приватизировать генерацию. Так в конце 2002 — начале 2003 гг. под давлением Администрации Президента РФ из пакета законов по реформированию электроэнергетики в процессе подготовки ко второму чтению в Госдуме вычеркиваются положения о сроках либерализации рынка (2005 г.). Это решение отдается на откуп Правительству РФ. В мае 2004 г. премьер-министр Фрадков без детального объяснения надолго откладывает принятие решения по схеме проведения аукционов по продаже ОГК, хотя предложения по этому поводу готовились в течение 1,5 лет с участием консорциума инвестиционных консультантов, и были проработаны все возможные варианты проведения аукционов. На заседании Правительства 24 декабря 2004 г. реформа была поддержана на словах, однако четкого графика так и не появилось.

Отчетливо просматривается нежелание властей отпускать цены на электроэнергию. Вместо принятия программы приближения регулируемых цен к уровню рыночных ожиданий (как это делалось в других странах), Правительство приняло 3-летнюю программу снижения цен в реальном выражении, толкая предприятия к наращиванию кредитной задолженности. Идеология политически мотивированных «пределных тарифов» доминирует при принятии российским Правительством любого серьезного решения по поводу рынка электроэнергетики. Проработав год, рынок исчерпал себя, «споткнувшись» о проблему перекрестного субсидирования и нежелания власти переходить к «обязательной» модели и расширению сектора свободной торговли. До этого чиновники Правительства обещали расширить объемы сектора свободной торговли электроэнергией до 50% от ее выработки в России.

РАО «ЕЭС России» предложило совершенно новую модель организации оптового рынка электроэнергетики.

Рынок 5-15, проработав 15 месяцев, по сути, прекращает свою деятельность. Взамен его устанавливаются двусторонние контракты по регулируемым ценам. Крупная промышленность и население получают более выгодные условия покупки электроэнергии на оптовом рынке. Рынок «на сутки вперед» и балансирующий рынок, скорее всего, будут характеризоваться высокой волатильностью цен, т.к. участие в них производителей электроэнергии будет ограничено.

Новые правила розничных рынков электроэнергии создают высокие барьеры для входа неза-

висимых энергосбытовых компаний. Торги на розничных рынках будут сконцентрированы вокруг «гарантирующего поставщика» — правопреемника АО-энерго. В итоге конкурентная среда на рынке так и не будет создана.

Ключевой тенденцией в секторе электроэнергетики является проникновение «Газпрома», которому принадлежат 10,3% акций РАО ЕЭС. С учетом блокпакета в «Мосэнерго» это обеспечивает контроль над 30 тыс. МВт генерирующих мощностей в Центре России (две ОГК + ТТК-3). Но «Газпром» не располагает профессиональным опытом в электроэнергетике и вряд ли способен мобилизовать капитал на долгосрочные инвестиции. Согласно международному опыту, как правило, более развитый бизнес (электроэнергетические компании) покупает менее развитый (газовые компании), а не наоборот. Примеры: «газовая экспансия» E.ON и RWE, покупка электросетевыми компаниями газотранспортных компаний (покупка электросетевой компании National Grid газотранспортной компании Lattice в Великобритании, покупка электросетевой компанией REN газотранспортной компании Transgas в Португалии). Фактически, вместо «выхода государства из генерации» (цели декларированной в концепции реформы электроэнергетики) в электроэнергетике реализуется «вариант «Роснефти» — передача активов из собственности государства в собственность государственных компаний.

«Газпром» контролирует рынок электроэнергетики уже сегодня:

- 70% конкурентной генерации (кроме АЭС и ГЭС) использует газ в качестве топлива (в Европейской части России — 90%).

- Электростанции в Европейской части России ежегодно потребляют 140 млрд куб. м природного газа.

- Лимиты поставок газа электростанциям по регулируемым ценам администрируются «Газпромом» и не изменялись с 1998 г.

- Генераторам навязывают покупки «сверхлимитного» газа по ценам в 1,5–2 раза выше регулируемых.

Существующая практика распределения мощностей газотранспортной системы позволяет предполагать, что «Газпром» сможет легко юридически оправдать продажу газа собственным генераторам по заниженным ценам. Такая ситуация полностью исключает конкурентный характер рынка электроэнергетики.

Кто же станет собственниками генерации? На рынке по-прежнему будет доминировать государственная генерация, как в Европе и на Урале (атомная и гидро), так и в Сибири (гидро). Весьма значительным будет влияние «Газпрома». Другими крупными собственниками генерации будут либо крупные потребители электроэнергии (Русал, Access/Renova, Интеррос и др.), либо поставщики топлива (СУЭК). Их инвестиции, в первую очередь, направлены на защиту основного бизнеса (рис. 1).

Вряд ли такую среду можно признать конкурентной. Международные электроэнергетические компании, которые могли бы принести реальную конкуренцию, как и в 1990-е гг., были отстранены от участия в перераспределении собственности на генерирующие мощности в результате действия механизмов стратегии РАО «ЕЭС России» «5+5».

В соответствии с прогнозом Минэкономразвития в ближайшие 7 лет ожидается ресурсный кризис в электроэнергетике (рис. 2).

Учитывая динамику промышленного производства и спроса на электроэнергию в промышленности в период 1990–2003 гг., можно говорить о выработке «ресурса спада» (рис. 3).

Основным источником капложений в электроэнергетику остаются собственные средства (рис. 4).

Доля рыночных источников финансирования (кредиты, эмиссия акций) по-прежнему не превы-

шает 6–7%. Инвестиции в пакеты акций энергокомпаний (судя по составу инвесторов) служат скорее стратегическим целям, лежащим вне электроэнергетики.

Какие сценарии развития электроэнергетики в среднесрочной перспективе можно ожидать?

- Дата возможной либерализации рынка сдвигается за 2006 год. То есть с учетом рамок политического цикла рынок не будет либерализован, как минимум, до 2009–2010 гг.

- Схема проведения аукционов по ОГК не принята. Значит, от участия в аукционах воздержатся крупные иностранные инвесторы.

- В отсутствие общей схемы, продажа ОГК будет происходить, скорее всего, case by case (по мере «готовности»). К концу 2005 г., возможно, примут решение о продаже ОГК-5 и ОГК-3.

- «Газпром» без проведения аукционов сможет обменять свои акции РАО ЕЭС на две ОГК.

- К 2006 г. частных хозяев, вероятно, обретут 6–7 ТТК (ТТК-3, видимо, также достанется «Газпрому»).

В целом, экономическая среда в генерации останется в значительной степени под влиянием государства (доминировать с долей более 70% будет атомная и гидрогенерация, генерация под контролем «Газпрома» и РАО ЕЭС).

Реформа в газовом секторе превратилась в бесконечное ожидание реформ. Негативные реформы Путина по поводу реструктуризации «Газпрома» остановили саму дискуссию о реформах в газовой отрасли. Экспертная дискуссия о будущем газовой отрасли сконцентрировалась в т.н. «саморегулируемых организациях», которые трудно признать независимыми от «Газпрома» (Координатор рынка газа, Российское газовое общество и т.п.). Никто так и не предложил никаких серьезных альтернативных идей по поводу будущего газового сектора после того, как была обнародована Концепция развития рынка газа в РФ по версии Минэкономразвития (декабрь 2002 г.).

Большинство серьезных экспертов сходятся во мнении, что газовый сектор все равно придется реформировать по рыночному сценарию (близкому к тому, что предложило Минэкономразвития), однако это вряд ли будет возможным при Путине. В сентябре 2004 г. OECD выпустила исследование под названием «Russian Gas Sector: The Endless Wait for Reform», наилучшим образом иллюстрирующую ситуацию «стратегического тупика», в котором сегодня находится газовый сектор России.

Если бы не ожидавшийся еще в 1990-е ввод Западного месторождения и захват независимых производителей газа объемы газодобычи «Газпрома» продолжили бы падать. Прогнозы будущей добычи неутешительны.

Вызывает озабоченность структура капложений в газовом секторе (рис. 6, 7).

Невзирая на очевидную перспективу кризиса в газодобыче, централизованная машина «Газпрома» наращивает инвестиции в совершенно другие сферы. «Газпром» уверенно ведет Россию к газовому кризису.

«Газпром» до сих пор не вышел на уровень добычи газа 1999 года, невзирая на высокие доходы от экспорта, и не выйдет как минимум в ближайшие 2–3 года (рис. 5). Независимые производители газа (частные компании) за 6 лет нарастили объемы добычи газа почти в 2 раза (рис. 8).

Однако тенденции захвата независимых газодобывающих компаний «Газпромом» (2000 г. — Пургаз, Востокгазпром; 2003 г. — Севернефтегазпром (Южно-Русское месторождение) продолжатся, по-видимому, и в 2005 г. (2004–2005 гг. — Нортгаз).

Жизнь доказывает, что предложенная Минэкономразвития в 2002 г. стратегия, направленная на особое внимание к развитию независимых и реструктуризацию «Газпрома», была верной.

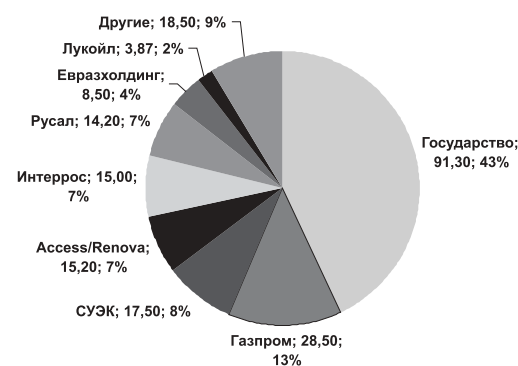


Рис. 1. Возможная структура будущего контроля над генерирующими компаниями, исходя из состава действующих миноритарных акционеров РАО «ЕЭС России» и АО-энерго

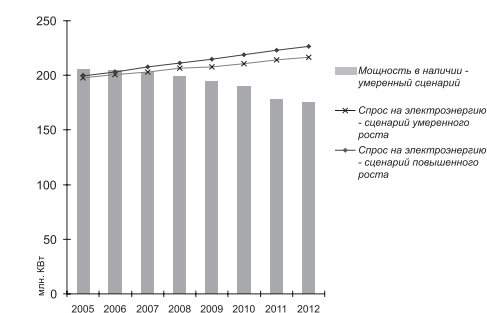


Рис. 2. Ресурсный кризис в электроэнергетике

Динамика промышленного производства и спроса на электроэнергию в промышленности, 1990–2003 гг.



Рис. 3 [Госкомстат, РАО «ЕЭС России»]

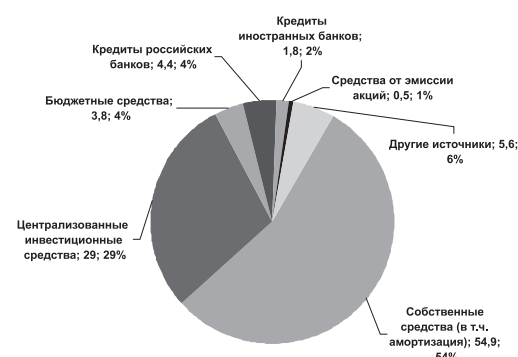


Рис. 4. Структура капитальных вложений в электроэнергетике в 2003 г., % [Госкомстат]

Объем добычи газа «Газпромом» (с учетом поглощений независимых производителей газа) в 1999–2004 гг.

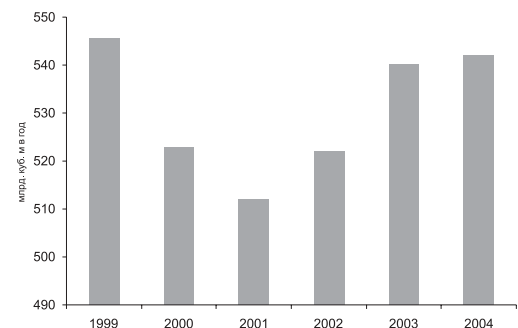


Рис. 5



Рис. 6. [Собственные данные]

Независимые производители газа: успешные, но незащищенные

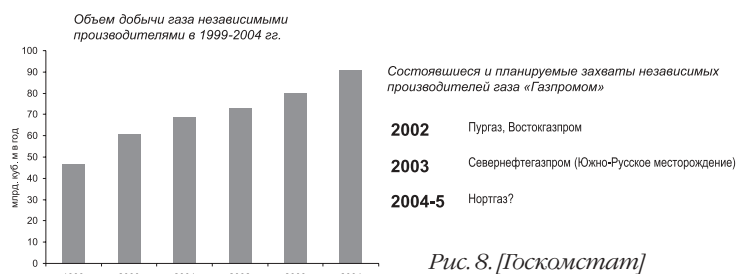


Рис. 8. [Роскомстат]

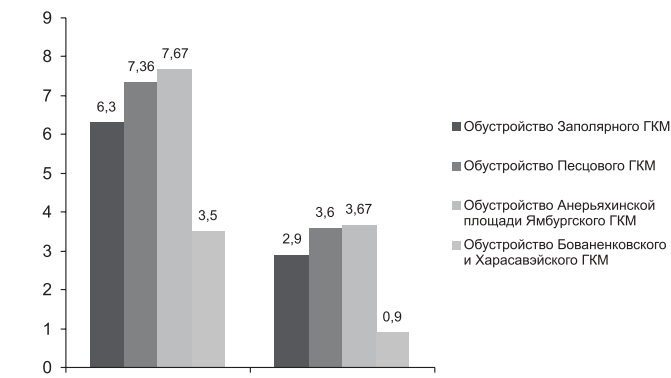


Рис. 7 а. Сокращение инвестиций в крупнейшие месторождения газа [Собственные данные]

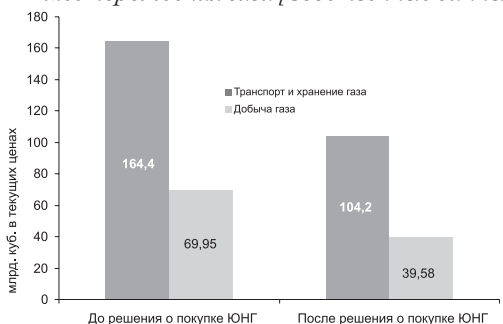


Рис. 7 б. Сокращение инвестиций в транспортировке и добыче газа [Собственные данные]

Таким образом, проанализировав ситуацию в российских естественных монополиях, можно сделать вывод, что реформы, по сути, провалились.

Газовый сектор испытывает «стратегическую паузу». Путин запретил реформы, но альтернатива так и не предложена. В электроэнергетике «частными инвесторами в генерацию» становятся, в основном, «Газпром» и крупные промышленные группы, приобретающие энергоактивы для интересов коренного бизнеса. Приватизация генерации вновь отложена. Даже если она состоится, до 70% генерации все равно будет подконтрольно государству и «Газпрому». После 15 месяцев работы конкурентный сектор оптового рынка электроэнергии прекращает свою деятельность, уступая место более жестко регулируемой модели.

Дата предполагаемой либерализации рынка электроэнергии явно переходит в следующий политический цикл (2009–2010 гг.), будущая структура рынка не выглядит конкурентной.

Доклад сделан на конференции «Актуальные проблемы экономического развития России» в рамках Леонтьевских чтений, Санкт-Петербург, февраль 2005 г.

Создание автоматизированных информационно-измерительных систем для АЭС

Прогресс в области микропроцессорной техники создал предпосылки для появления нового поколения специализированных средств радиационного контроля на основе «интеллектуальных» измерительных каналов, которые способны не только эффективно выделять и измерять значения наиболее информативных «реперных» параметров, но и оперативно реализовывать сложные алгоритмы автоматической обработки информации.

В качестве примеров систем, созданных в НИЦ «СНИИП», в последние годы для оснащения АЭС можно привести информационно-измерительную систему АСРК-01РБ1, предназначенную для оснащения АЭС с ВВЭР и РБМК, а также комплекс системы контроля, управления и диагностики (СКУД) реакторной установки.

В соответствии со своим назначением и целями АСРК-01РБ1 конфигурируется из следующих функциональных подсистем по комплексам решаемых задач:

- подсистема радиационного технологического контроля (РТК), состоящая в свою очередь из подсистемы контроля параметров нормальной эксплуатации (ПНЭ) и подсистемы контроля параметров важных для безопасности (ПВБ);
- подсистемы контроля радиационной обстановки (КРО);
- подсистемы индивидуального дозиметрического контроля (ИДК);
- подсистемы контроля за нераспространением радиоактивных загрязнений (КРЗ).

контроля, прогнозирования и учета дозовых нагрузок на персонал во всех режимах эксплуатации ЭБ, их планирования, а также контролирует допуск персонала в ЗСР ЭБ. Наконец, подсистема КРЗ предназначена для контроля загрязнения радионуклидами производственных помещений, оборудования, транспорта и персонала, контроля за накоплением, сортировкой и вывозом за пределы ЭБ радиоактивных отходов. Последняя состоит как из стационарных контрольных радиометрических установок и сигнализаторов, так и из автономных приборов.

АСРК-01РБ1 включает большую группу разнообразных блоков детектирования ионизирующего излучения, в которую входят блоки детектирования гамма-, бета-излучения, нейтронов, нуклидов йода в газовой, жидкостной средах и в аэрозолях.

Верхний уровень системы АСРК-01РБ1 представляет собой распределенную вычислительную структуру, построенную на базе высокопроизводительных промышленных и офисных компьютеров на Intel-платформе. В его функции входит сбор и обработка информации от систем и приборов нижнего уровня, приведение ее к виду, удобному для восприятия, формирование и ведение баз данных, информационный обмен с внешними абонентами и представление операторам. Программно-технический комплекс включает в себя ряд автоматизированных рабочих мест (АРМов): контроля радиационной безопасности (АРМ КРБ); индивидуального дозиметрического контроля (АРМ ИДК); системной и программной поддержки системы (АРМ СПП); технической поддержки системы (АРМ ТПП); метрологической поддержки системы (АРМ МП) и сервер базы данных (СБД).

В АСРК-01РБ1 все технические средства охвачены автоматическим или автоматизированным контролем проверки работоспособности. Оператору предоставляется либо обобщенная информация о состоянии объекта контроля и управления (в соответствии с зоной ответственности оператора), необходимой и достаточной оператору для контроля наличия/отсутствия отклонений объекта контроля и управления от нормального состояния (обзорный уровень), либо подробная информация о состоянии объекта контроля и управления и способов воздействия на объект, необходимых и достаточных для выполнения оператором функций контроля состояния и управления оборудованием АСРК-01РБ1 (в соответствии с зоной ответственности оператора), поиска причины возникшего отклонения в объекте контроля и управления и составления необходимых оперативных документов (индивидуальный уровень).

Основная задача, возлагаемая на программно-технический комплекс системы контроля, управления и диагностики (СКУД) реакторной установки, — контроль состояния активной зоны основного технологического оборудования реакторной установки, характера протекания технологических процессов в 1-м контуре и теплового баланса между 1-м и 2-м контурами. Система построена по принципу объединения функционально законченных подсистем с помощью локальных сетей.

В состав оборудования наряду с традиционной системой внутриреакторного контроля (СВРК) входит набор диагностических подсистем:

- система внутриреакторной шумовой диагностики реакторной установки (СВРШД);
- система виброшумовой диагностики реакторной установки (СВДШ);
- система контроля течей акустическими датчиками (САКТ);
- система контроля течей датчиками влажности (СКТВ);
- система контроля комплексного анализа и информационной поддержки (СКА);
- система супервизорного управления (ССУ).

Система внутриреакторного контроля СВРК-01Р входит в состав комплекса СКУД реакторной установки и осуществляет в режимах нормальных условий эксплуатации, нарушения нормальных условий эксплуатации и при проектных авариях:

- контроль нейтронно-физических и теплогидравлических параметров активной зоны реактора, параметров теплоносителя первого и второго контуров, в том числе контроль за распределением энерговыделения в объеме активной зоны;
- защиту активной зоны реактора по локальным параметрам (линейной мощности ТВЭЛ, запасу до кризиса теплообмена) в диапазоне мощности от 35 до 110 % от номинальной;
- управление распределением энерговыделения по объему активной зоны реактора;
- предварительную обработку шумовой составляющей сигналов датчиков прямой зарядки (ДПЗ) для последующего контроля локального кипения теплоносителя и выделение переменных составляющих сигналов ДПЗ.

В системе проводится сбор дискретных и аналоговых сигналов датчиков, входящих в состав СВРК и участвующих в расчете линейного энерговыделения ТВЭЛ по объему активной зоны и запаса до кризиса теплообмена, проверяется достоверность полученной информации и рассчитываются линейное энерговыделение ТВЭЛ и запас до кризиса теплообмена. Кроме того, формируются и выдаются в системы управления и защиты реакторной установки сигналы при превышении линейного энерговыделения ТВЭЛ допустимых значений, при уменьшении запаса до кризиса теплообмена в активной зоне реактора ниже допустимого уровня, а также сигналы управления полевому энерговыделению при работе энергоблока в маневренном режиме. Проводится расчет параметров, характеризующих текущее состояние объекта, в том числе поле энерговыделения в активной зоне, температуру на выходах тепловыделяющих сборок, «холодных» и «горячих» нитках пеллет первого контура, давление и перепад давления на реакторе, расход теплоносителя и текущую мощность реактора (тепловую и электрическую).

Информация, получаемая в системе, позволяет определять текущее состояние активной зоны реактора, отклонение за допустимые значения параметров, определяющих эксплуатационные пределы и пределы безопасной эксплуатации реакторной установки, и выявлять аномалии в работе реакторной установки, а также неисправности в оборудовании (по результатам самодиагностики).

Важной особенностью аппаратуры, входящей в СКУД, стало введение в его состав диагностирования технологического оборудования, осуществляющего мониторинг состояния этого оборудования и обеспечивающего раннее обнаружение дефектов, предотвращение их развития и возникновения необратимых последствий. Данное оборудование в системах СВДШ, САКТ и СКТВ позволяет обрабатывать полученную информацию, документировать, выдавать диагностическое сообщение, отображать в визуальной форме на цветном дисплее.

Обе системы (АСРК-01РБ1 и СКУД) в настоящее время внедрены в опытную эксплуатацию на 3-м энергоблоке Калининской АЭС. Комплекс СКУД также установлен на АЭС «Тяньвань» (Китай).

Сергей Борисович Чебышов, генеральный директор НИЦ «СНИИП», к. т. н.
Игорь Иванович Черкашин, зам. ген. директора по науке, д. т. н.
Дмитрий Борисович Хазанов, пом. ген. директора по информационным вопросам, к. т. н.



Центральный пульт управления системы АСРК-01РБ1

В функции системы входят сбор и первичная обработка входной информации радиационного контроля; решение функциональных задач подсистем РТК, КРО, ИДК, КРЗ; прогнозирование радиационной обстановки в помещениях зоны строгого режима; отображение информации на блочном щите радиационного контроля (БЩРК), местном щите радиационного контроля (МЩРК), блочном и резервном щитах управления (БЩУ и РЩУ); информационный обмен с другими подсистемами СКУ ЭБ, АСРЭО и ЦПРБ АЭС.

Подсистема РТК позволяет оценивать состояния технологических систем энергетических блоков (ЭБ), контролировать целостность защитных барьеров, определять источники утечки радионуклидов и оценивать величину течи; контролировать поступление радиоактивных веществ в окружающую природную среду и прогнозировать сценарии изменения величин выбросов и сбросов. В частности, она позволяет контролировать герметичности оболочек ТВЭЛов; обнаруживать и оценивать величины течи первого контура, контролировать герметичности гермооболочек, течи из оборудования, охлаждаемого технической водой, эффективности работы систем спецводоочистки, спецгазоочистки и систем вентиляции, определять величины и радионуклидный состав газоаэрозольных выбросов и жидких сбросов со станции, классифицировать твердые радиоактивные отходы станции по группам и прогнозировать изменения значений активности радионуклидов за защитными барьерами.

Подсистема КРО предназначена для контроля радиационной обстановки в производственных помещениях ЭБ, своевременного выявления аварийных ситуаций и формирования сообщений об ухудшении радиационных параметров, обеспечения контроля радиационной обстановки в аварийный и послеаварийный периоды. Подсистема ИДК предназначена для

Базовая стойка одного из вычислительных устройств системы СКУД.

