

## **О ПЕРСПЕКТИВАХ СОЗДАНИЯ ЭНЕРГОБЛОКОВ С ВВЭР СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ**

**А.Я. Благовещенский, Л.Б. Гусев**  
**Военно-Морской Политехнический Институт ВУНЦ ВМФ**  
**“Военно-Морская Академия” Санкт-Петербург, Россия**

### **Введение**

Целый ряд несомненных успехов атомной отрасли после выхода из тяжелого положения начального перестроечного периода отечественной экономики вызывает чувство глубокого удовлетворения и оптимистического настроения. К этим успехам, несомненно, относится усовершенствование энергоблоков с ВВЭР-1000(1200), обеспечивающие высокие показатели их надежности и безопасности, активное как новое строительство, так и в качестве замещающих мощностей в России, конкурентоспособность на внешнем рынке и, соответственно, завоевывание зарубежных площадок. Налицо положительные результаты по дальнейшему развитию реакторов на быстрых нейтронах – ввод в действие энергоблока БН-800 с натриевым теплоносителем, по освоению технологии MOX-топлива и по ряду других позиций.

### **Состояние вопроса**

На этом обнадеживающем фоне имеется ряд недостатков и упущений, которые носят стратегический характер и не могут быть оправданы финансовыми затруднениями. Широкий спектр региональных особенностей состояния и перспектив развития экономики по всему комплексу составляющих, включая показатели надежности и живучести конкретных систем энергоснабжения, вызывают необходимость разработки мощностного ряда отечественных атомных энергоблоков. Это обстоятельство регулярно подчеркивалось на международных научно-технических конференциях в ОКБ «Гидропресс» и в «Концерне Росэнергоатом», находя отражение в Итоговых Документах. Известно, что энергоблоки с ВВЭР-1000(1200) по местным условиям не смогут быть использованы в качестве замещающих мощностей ВВЭР-440 на Кольской АЭС. Однако, состояние этого важного вопроса находится «на точке замерзания». Особое место в данном контексте занимает положение дел с энергоблоком ВВЭР средней мощности. Необходимость его создания была четко определена после Чернобыльской аварии, что вылилось в проект реакторной установки (РУ) ВВЭР-640. Существо проекта, основой которого являлось снижение в ~ 1,5 раза мощности РУ с ВВЭР-1000 при сохранении конструкций основного оборудования I контура, было направлено на повышение показателей надежности безопасности и живучести энергоблока с одновременным снижением возмущения, вносимого в энергосистему при его аварийном останове.

Уменьшенная удельная энергонапряженность активной зоны по сравнению с ВВЭР-1000 смягчала прохождение штатных и аварийных динамических режимов, а при запроектной аварии исключалось проплавление днища реактора.

Естественно, ничего не дается даром, возрастание стоимости установленного киловатта не было в то время определяющим фактором, приоритетным являлось повышение безопасности АЭС. На основании вышедшего в свет Постановления Правительства РФ ОКБ «Гидропресс» был

выполнен проект РУ с ВВЭР-640, Санкт-Петербургским АЭП - проект АЭС с широким размахом экспериментальных работ в НИТИ им. А.П. Александрова (г. Сосновый Бор), на площадке которого энергоблок должен был быть введен в действие еще до наступления нынешнего века. Но этого не произошло, так как не было обеспечено финансирование реализации проекта. По мере преодоления послечернобыльского шока стали меняться приоритеты при решении вопросов развития атомной энергетики. Главенствующее место заняла экономика. Проект ВВЭР-640 был забракован из-за дороговизны (вполне естественной) и вопрос создания энергоблока с ВВЭР средней мощности «завис» на долгие годы, оставаясь нерешенным и на сегодняшний день. Отдавая должное важности экономического фактора, нельзя не отметить, что перекос в эту сторону тормозит научно-технический прогресс в важнейшей области энергетики в стране, явившейся Родиной Мирного Атома, построившей первую в мире атомную станцию.

### Пути решения

Несмотря на финансовый прессинг, представляется неоправданной возможная перспектива решения данного вопроса на базе проработки ОКБ «Гидропресс» РУ средней мощности ВВЭР-600. Эта проработка сохраняет консервативную разветвленную многопетлевую компоновку I контура (с уменьшением числа петель до 2-х) с горизонтальными парогенераторами, имеющую полувековой «возраст», начиная с ВВЭР-210 на Нововоронежской АЭС. В деле создания энергоблока с ВВЭР средней мощности наблюдается неоправданное затишье, обусловленное нынешней временной ситуацией, характеризующейся практически отсутствием роста энергопотребления. Стал озвучиваться лозунг «Будет заказчик - будем создавать». Но ведь это задача федерального уровня - конкретному заказчику (отечественному и зарубежному) нужен отработанный энергоблок, а не проект на бумаге. Не за горами то время, когда отечественная экономика потребует наращивания энергетических мощностей. Перспектива создания энергоблоков с ВВЭР средней мощности должна опираться на новые (прорывные) технологические решения. В этом плане предпочтительным является направление, получившее широкую апробацию в корабельной ядерной энергетике. [1] Оно характеризуется блочной компоновкой РУ, исключаяющей длинные трубопроводы I контура, а также использованием благоприятного сочетания прямоточного парогенератора с активной зоной ВВЭР, имеющей отрицательный температурный коэффициент реактивности. Эти качества заложены в проектных предложениях «ОКБМ Африкантов» ВВЭР-600. В таком энергоблоке:

- максимально используется эффект саморегулирования реактора с возможностью управления мощностью реактора расходом питательной воды, при этом резко упрощаются задачи системы СУЗ;
- обеспечивается маневренность энергоблока учитывая, что жизнь предъявляет требования участия объектов атомной энергетики в графиках нагрузок;
- четко организованная теплогидродинамика прямоточных элементов выемной поверхности нагрева парогенератора (ПГ) обеспечивает ее высокую энергонапряженность и, соответственно, компактность РУ;
- поддержание постоянной средней температуры теплоносителя I контура при изменении мощности с целью улучшения прочностных условий для оборудования I контура, облегчения работы компенсатора давления (КД) и

минимального влияния на реактивность активной зоны не требует изменения давления II контура;

Опираясь на имеющийся опыт, могут быть реализованы и другие прогрессивные решения, в частности, переход к интегральной (моноблочной) компоновке с исключением выносного КД и использованием для компенсации изменения объема теплоносителя I контура подкрышечного объема реактора в варианте парогазового КД. Такой проект ВПБЭР-600 был ранее разработан «ОКБМ Африкантов». Он помимо отмеченных выше достоинств отличался повышенной безопасностью не только за счёт саморегулирования, проявляющегося в самозащищённости от неконтролируемого повышения мощности, но и за счёт исключения в принятой конструкции аварий большой и средней течи. Простая геометрия I контура обеспечивала высокий уровень естественной циркуляции теплоносителя (ЕЦТ), необходимый для отвода остаточных тепловыделений активной зоны во всех аварийных ситуациях. В одном из вариантов проекта было пионерское для отечественной практики решение – применение главных циркуляционных насосов, встроенных в днище реактора (получившее широкое распространение в Западных проектах корпусных кипящих реакторов BWR). Дополнительная защита обеспечивалась размещением всего реакторного моноблока в страховочном корпусе. Но и этот проект, несмотря на концентрацию в нем новаторских прогрессивных решений, остался на бумаге.

### **Заключение**

Представляется перспективной гибридизация технических решений: большие успехи «ОКБ Гидропресс» в усовершенствовании ВВЭР, включая спектральное регулирование для увеличения коэффициента воспроизводства ядерного топлива, с уникальным опытом «ОКБМ Африкантов» по прямоточным ПГ, а также по блочным и интегральным компоновочным решениям РУ. В прежние времена, когда была четкая минсредмашевская управляемость отраслью, такая гибридизация имела место. В обоих проектах корабельных РУ с жидкометаллическим теплоносителем «ОКБМ Африкантов» и ОКБ «Гидропресс» использовался один и тот же парогенератор МП-7 разработки ОКБ «Гидропресс».

Если создавать энергоблок с ВВЭР средней мощности, опираясь на отмеченные прогрессивные технические решения, то, безусловно, его натурная отработка должна осуществляться НИТИ им. А.П. Александрова, обладающим бесценным опытом в этой области.

#### **Литература:**

А.Я. Благовещенский, С.М. Бор, В.Н. Митюков «Корабельные ядерные энергетические технологии в решении проблемы надежности безопасности и живучести АЭС России» - журнал «Технология обеспечения жизненного цикла ЯЭУ», изд. НИТИ, №1, 2015г.