



ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 6-7

2011

СЕРИЯ: АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

ТЕПЛОВЫДЕЛЯЮЩИЕ СБОРКИ РЕАКТОРОВ ВВЭР

Активные зоны строящихся и проектируемых реакторов ВВЭР имеют значительную общую неизменяемую часть, параметры которой выбраны еще при проектировании серийного ВВЭР-1000. К ним относятся поперечные размеры активной зоны и тепловыделяющей сборки (ТВС), форма ТВС и компоновка активной зоны. Эти параметры являются важной составной частью общей технологии ВВЭР. Все дальнейшие модификации осуществляются по эволюционному принципу с учетом предшествующих усовершенствований. Это обеспечивает преемственность разрабатываемых конструкций, позволяющую применять в качестве референсного большой положительный опыт эксплуатации.

С момента пуска первого реактора ВВЭР непрерывно совершенствуется ядерное топливо с целью повышения эффективности его использования: для увеличения выработки электроэнергии путем повышения тепловой мощности реактора, увеличения коэффициента использования установленной мощности энергоблока, обеспечения работы АЭС в широком диапазоне маневренных режимов и др. Характер усовершенствований тепловыделяющих сборок для реакторов ВВЭР соответствует мировым тенденциям улучшения топлива водородных реакторов.

В результате многолетних исследований сформировалась современная штатная тепловыделяющая сборка типа ВВЭР-1000 (конструкции ТВС-2 и ТВСА, разработка ОАО «ОКБ «Гидропресс» и ОАО «ОКБМ Африкантов»), являющаяся основой для разработки усовершенствованных видов ядерного топлива как для внедрения на действующих реакторах ВВЭР, так и для реакторов ВВЭР нового поколения (ВВЭР-1000, ВВЭР-1200) и имеющая следующие основные конструктивные особенности:

- формоустойчивый циркониевый каркас;
- внешний диаметр твэла – 9,1 мм;
- толщина циркониевой оболочки твэла – 0,685 мм;
- диаметр топливной таблетки – 7,6 мм;
- отверстие в центре топливной таблетки;
- максимальное обогащение топлива – 4,4%;
- высота топливного столба в холодном состоянии – 3530 мм;
- выгорающий поглотитель – интегрированный в топливо гадолиний;
- среднее выгорание ТВС – в пределах 50 МВт·сут/кг U.

Тепловыделяющая сборка этой конструкции успешно эксплуатируется на большинстве АЭС с реакторами ВВЭР-1000 в 12-месячном топливном цикле, она обеспечивает также возможность реализации топливных циклов с длительностью кампании топлива до 450 эфф. сут.

Улучшение топливоиспользования в реакторах ВВЭР-1000

Приоритетным способом улучшения использования топлива на АЭС с реакторами ВВЭР-1000 является увеличение загрузки урана в ТВС и/или повышение обогащения топлива.

Для ТВС реактора ВВЭР-1000 приняты два варианта повышения ураноемкости: увеличение высоты топливного столба при сохранении габаритных размеров кассеты (тепловыделяющей сборки) и оптимизация размеров топливных таблеток и оболочек ТВЭЛ.

Успешная эксплуатация **ТВС-2** и **ТВСА** с жесткими сварными типами каркасов (образованными направляющими каналами и дистанционирующими решетками в ТВС-2, уголками и дистанционирующими решетками в ТВСА) в сочетании с высокой стабильностью геометрических характеристик ТВС позволила обосновать: возможность увеличения загрузки урана в ТВС, безопасность эксплуатации ядерного топлива в режиме маневрирования мощности в диапазоне 100 – 75 – 100% $N_{ном}$, работоспособность ядерного топлива при повышении мощности ВВЭР-1000 до 104% $N_{ном}$ и более (до 110% $N_{ном}$). Отсутствие ограничений на эксплуатационный ресурс с точки зрения прочности и формоизменения ТВС с жестким каркасом открыло возможности для внедрения длительных топливных циклов, технико-экономические характеристики которых зависят от загрузки урана в ТВС.

Тепловыделяющая сборка реактора ВВЭР-1000 представляет собой активную конструкцию из 312 ТВЭЛов, 18 направляющих каналов, 15 – 12 дистанционирующих и одной нижней решеток. На рисунке 1 представлен общий вид ТВС: условно показана часть дистанционирующих решеток и не показана часть ТВЭЛов по высоте (для визуализации направляющих каналов).

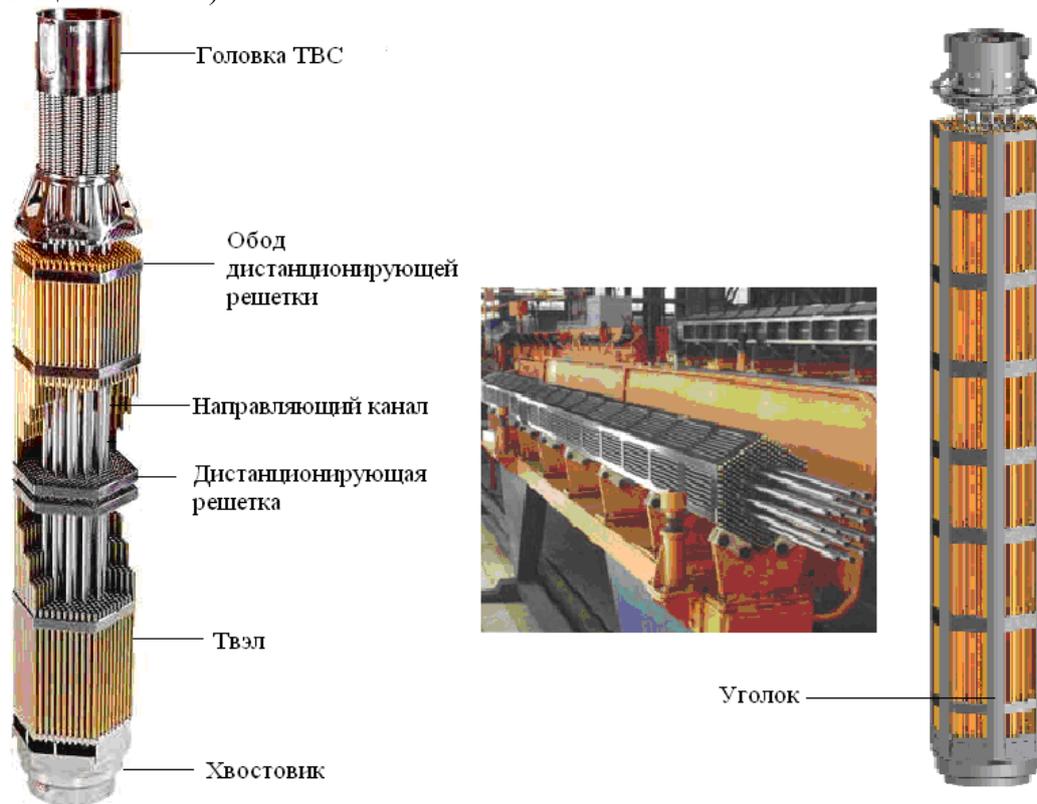


Рисунок 1 – Общий вид тепловыделяющих сборок

Концевые детали ТВС служат для фиксации кассеты в установочных гнездах активной зоны. Верхняя концевая деталь (головка) обеспечивает взаимодействие с внутрикорпусными устройствами реактора и поджатие ТВС от всплытия, а также разъемное соединение с каркасом ТВС. Нижняя концевая деталь (хвостовик) обеспечивает заданное местоположение кассеты в активной зоне, а также организацию протока теплоносителя.

В настоящее время на энергоблоках Балаковской и Ростовской АЭС эксплуатируются тепловыделяющие сборки модификации **ТВС-2М** с увеличенным на 150 мм от базового аналога топливным столбом (до 3680 мм), что позволяет обеспечить реализацию топливного цикла 3 x 18 мес. в условиях мощности АЭС, равной 104% от номинальной.

Сборки ТВС-2 и ТВС-2М являются эволюционным развитием конструкций предшествующих бесчехловых ТВС, по сравнению с которыми в них не добавлено ни одного нового элемента. Все новые качества получены путем применения положительно зарекомендовавших себя в эксплуатации решений, усовершенствования конструкции отдельных составляющих элементов.

На энергоблоках № 2 и 3 Калининской АЭС с 2010 года эксплуатируются сборки **ТВСА-PLUS**, имеющие унифицированный с ТВС-2М топливный пучок с увеличенным на 150 мм топливным столбом и обеспечивающие аналогичные условия эксплуатации. Загрузка урана в ТВС-2М и ТВСА-PLUS увеличена примерно на 6% в сравнении с базовыми вариантами. С 2011 года начато внедрение ТВС-2М на энергоблоке № 1 АЭС «Тяньвань» в Китае.

На энергоблоке № 1 Калининской АЭС с 2006 года в пятигодичном топливном цикле эксплуатируются кассеты типа **ТВСА-АЛЬФА** с увеличенной ураноемкостью за счет применения твэлов с топливными таблетками без центрального отверстия, с 8 дистанционирующими решетками. Загрузка урана в ТВСА-АЛЬФА в сравнении с ТВСА увеличена на ~ 10% и составляет ~ 546 кг. Эта сборка разрабатывалась как прототип ТВС для АЭС «Темелин».

Этапы развития ядерного топлива ВВЭР-1000, сравнительные характеристики топливных кассет и топливные циклы на их основе приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Этапы развития ядерного топлива ВВЭР-1000, сравнительные характеристики топливных кассет и топливные циклы на их основе

Год внедрения	1998	2003	2006	2006	2010
Проект ТВС	ТВСА	ТВС-2	ТВСА-АЛЬФА	ТВС-2М	ТВСА-PLUS
Среднее обогащение топлива подпитки, %U ⁵	~4,26	~4,26	до 4,95	до 4,95	до 4,95
Количество ТВС подпитки, шт.	42	54	36	60	60
Среднее выгорание топлива, МВт·сут/кг U	55	55	до 68	до 68	до 68
Топливный цикл	4×(310-320) эфф. сут.	3×(350-370) эфф. сут.	5×(310-320) эфф. сут.	3×(480-510) эфф. сут.	3×(480-510) эфф. сут.

В развитие конструкции ТВСА в 2010 году разработан технический проект сборки **ТВСА-12**. В конструкции ТВСА-12 применены 12 дистанционирующих решеток (вместо 15), что является конструктивной унификацией с ТВС-2М, с увеличенной жесткостью каркаса. Внедрение ТВСА-12 в эксплуатацию намечено на 2011 год на энергоблоке № 1 Калининской АЭС.

Основной текущей задачей по развитию ядерного топлива для реакторов ВВЭР-1000 является разработка унифицированных проектов ТВС четвертого поколения (**ТВС-4**) на базе конструкций ТВС-2М и ТВСА-PLUS: 12 дистанционирующих решеток, твэлы с топливной таблеткой без центрального отверстия, топливный столб – 3680 мм, загрузка UO₂ – 568,4 кг, топливный цикл – 3×510 или 5×333 эфф. сут. Данные конструкции ТВС будут полностью унифицированы по всем основным комплектующим элементам и будут отличаться только типом жесткого каркаса. Предварительные расчеты показывают возможность увеличения загрузки урана в ТВС-4 на 8%. Разработка проекта ТВС-4 – 2011 год, постановка на опытно-промышленную эксплуатацию – 2012 год.

Основные направления модернизации тепловыделяющих сборок ВВЭР-1000 для проекта АЭС-2006

Каждая новая модель тепловыделяющих сборок включает лучшие идеи и опыт предшествующего поколения топлива, обновляясь современными достижениями.

Проект активной зоны ВВЭР-1200 предусматривает модернизацию ТВС ВВЭР-1000 на базе технических решений, прошедших опытную эксплуатацию на Балаковской и Калининской АЭС. Данная модернизация направлена на повышение уровня безопасности эксплуатации, улучшение технико-экономических характеристик и повышение конкурентоспособности реакторной установки (РУ) и АЭС в целом.

Требования к топливу для проекта АЭС-2006 отличаются от характеристик топлива для реакторов ВВЭР-1000, так как отличаются требования к реакторным установкам этих проектов. Некоторые типичные характеристики современных реакторов ВВЭР-1000 (РУ В-320) и предполагаемые характеристики перспективных реакторов ВВЭР-1200 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики современных реакторов ВВЭР-1000 и предполагаемые характеристики перспективных реакторов ВВЭР-1200

Наименование параметра	Проект АЭС	
	ВВЭР-1000	ВВЭР-1200
Номинальная тепловая мощность реактора, МВт	3000	3200
Коэффициент использования установленной мощности	~ 0,8	0,92
Количество ТВС, шт.	163	
Количество ТВЭЛов в ТВС, шт.	311÷312	312
Высота активной зоны, мм	3530÷3680	3730
Температура теплоносителя на входе в реактор, °С	290	298,6
Температура теплоносителя на выходе из реактора, °С	319,6	329,7
Паросодержание в горячей струе, %масс.	до 5	до 13
Давление теплоносителя на выходе из активной зоны, МПа	15,7	16,2
Средняя линейная нагрузка, Вт/см	167	168
Максимальная линейная нагрузка, Вт/см	448	420
Топливные циклы	3×350; 3×1,5; 4×1; 5×1	4×1; 3×1,5; 5×1; 2×2
Максимальное выгорание топлива в ТВС, МВт-сут/кг U	68	70
Масса топлива в активной зоне, кг	85950	87065
Режимы работы с изменением мощности, максимальная скорость	Базовый режим 3% N _{ном} /мин	Базовый + маневренный режимы 5% N _{ном} /мин
Количество органов регулирования	61	121
Общее количество поглощающих элементов в активной зоне, шт.	18×61	18×121

При проектировании ядерного топлива для РУ АЭС-2006 решаются следующие задачи: разработка и обоснование использования в ТВС интенсификаторов теплообмена для повышения запаса до кризиса теплоотдачи и снижения паросодержания в теплоносителе; обоснование коррозионной и радиационной стойкости оболочек ТВЭЛов в условиях повышенных (в сравнении с ВВЭР-1000) температур, давления и паросодержания; разработка и обоснование модифицированных циркониевых сплавов, постановка их на производство; расчетно-экспериментальное обоснование маневренных характеристик топлива.

Техническим заданием на разработку технического проекта РУ для АЭС-2006 установлены требования к проектной стратегии использования топлива, основанной на применении четырех – пятигодичных топливных циклов с одной перегрузкой в 12 (18) месяцев при максимальном выгорании топлива в ТВС до 70 МВт·сут/кг U. Кроме того, оборудование РУ и активная зона реактора должны также обеспечивать возможность работы с межперегрузочным периодом до 24 месяцев.

С учетом установленного требования к значению коэффициента готовности, усредненного за весь срок службы АЭС, не ниже 92%, средняя продолжительность работы топливной загрузки в 12-месячном топливном цикле должна составлять не менее 336 эфф. сут., в 18-месячном – не менее 504 эфф.сут. и в 24-месячном топливном цикле – не менее 672 эфф.сут. При ограничении максимального обогащения топлива до 5% по U-235 указанные топливные циклы могут быть реализованы только при соответствующем увеличении массы урана в ТВС.

Основное направление модернизации конструкции ТВС – максимальное увеличение объема топлива в существующих габаритах активной зоны за счет удлинения топливного столба, увеличения наружного диаметра топливной таблетки и уменьшения или исключения центрального отверстия.

Для АЭС-2006 на основании анализа различных конструкций ТВС, результатов эксплуатации в качестве прототипа выбрана конструкция ТВС-2М, как наиболее соответствующая требованиям технического задания на РУ. В проект АЭС-2006 перенесены все технические решения конструкции ТВС-2М. Эта сборка является наиболее простой, технологичной в производстве и надежной в эксплуатации конструкцией; в настоящее время она проходит опытно-промышленную эксплуатацию на 1-м блоке Балаковской АЭС. ТВС-2 с жестким каркасом (прототип ТВС-2М) в 2006 году успешно завершила опытную и переведена в промышленную эксплуатацию.

Конструкция ТВС-2М обеспечивает возможность максимального удлинения топливного столба. Она также более приспособлена к любым усовершенствованиям, применима для любых внедряемых или планируемых топливных циклов. Большая степень проработанности конструкции, проекта и положительные результаты эксплуатации позволили разработать отчет по обоснованию безопасности активной зоны РУ АЭС-2006 на базе ТВС-2М.

Эволюцию ТВС в части увеличения объема топлива в активной зоне планируется осуществить в три этапа.

В настоящее время завершен первый этап разработки ТВС-2006 «базовой» конструкции на базе ТВС-2М с увеличенным на 50 мм топливным столбом (топливные циклы 3 x 18 месяцев и 5 x 12 месяцев, среднее выгорание по ТВС – до 62 МВт·сут / кг U, маневрирование в диапазоне 100 – 75 – 100% Nном). Первый этап выполнен на основе существующей конструкции (диаметр таблетки – 7,6 мм, центрального отверстия – 1,2 мм; высота газосборника твэла – 252 мм; высота столба топлива в холодном состоянии – 3730 мм; загрузка UO₂ в ТВС ~ 530 кг). Сравнительные характеристики тепловыделяющих сборок для проектов ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200 (разработка первого этапа) представлены в таблице 3.

На втором этапе, который продлится с 2011 по 2012 годы, должна быть разработана кассета для 24-месячного топливного цикла и выгорания до 70 МВт·сут/кг U. Для этого предусматривается переход на топливную таблетку диаметром 7,8 мм без центрального отверстия; при этом загрузка UO₂ в ТВС на данном этапе разработки составит 570,8 кг.

Третий этап предусматривает увеличение высоты топливного столба до 3780 мм за счет сокращения высоты газосборника, загрузка UO₂ в ТВС при этом увеличится до 578,5 кг.

Дальнейшие направления развития ТВС-2006 определяются по результатам анализа возможности повышения обогащения свыше 5% и эффективности применения уран-эрибиевого топлива.

Таблица 3 – Сравнительные характеристики тепловыделяющих сборок для проектов ВВЭР-1000 и ВВЭР-1200 (разработка первого этапа)

Наименование параметра	ВВЭР-1000	ВВЭР-1200
Тип ТВС	ТВС-2, (2М)	ТВС-2006
Температура оболочки твэла, °С	352-355	355
Диаметр твэла/шаг решетки, мм	9,1/12,75	
Наличие центральной трубы	есть	нет
Количество ПЭЛ в ПС СУЗ, шт.	18	
Размер под ключ (максимальный), мм	235,1	
Количество каналов, шт.	19	
Масса топлива в ТВС, кг	505,1	534,1
Размеры топливной таблетки $d_{нар} \times d_{цо}$	7,53×1,4; (7,6×1,2)	7,6×1,2

Перспективы улучшения топливоиспользования

На сегодняшний день практически достигнуты граничные значения параметров: почти 5% обогащения по урану-235, использованы все возможности по увеличению высоты топливного столба, максимально снижен диаметр центрального отверстия в топливной таблетке (в некоторых модификациях ТВС отверстие в таблетке отсутствует).

Завершение опытной эксплуатации некоторых видов топлива, доработка конструкции ТВС в части оптимизации использования перемешивающих решеток (этот элемент конструкции позволяет интенсифицировать теплосъем и избежать перегрева твэлов при повышении энерговыделения в ТВС), внедрение профилированного топлива по высоте ТВС (в целях оптимизации топливоиспользования), испытание новых конструкционных материалов будут являться основой дальнейшего улучшения эксплуатационных свойств ТВС.

Последующее эволюционное развитие топлива ВВЭР, по-видимому, будет осуществляться в направлении дальнейшего увеличения энергопотенциала ТВС за счет увеличения обогащения топлива свыше 5%. Обогащение 5% является в настоящее время исторически сложившимся пределом обогащения топлива для легководных реакторов как в России, так и за рубежом. На это значение обогащения спроектировано и лицензировано оборудование по производству и транспортировке топлива. Как правило, на это обогащение выполняются современные обоснования безопасности АЭС с легководными реакторами.

В требованиях к легководным реакторам, рассчитанным на перспективу, указывается на необходимость обеспечения интервала работы между перегрузками в течение 24 месяцев (около 680 – 700 эфф. сут.), а также на достижение среднего выгорания ТВС порядка 60 – 65 МВт-сут/кг U. Согласно выполненным специалистами (РНИЦ «Курчатовский институт») предварительным оценкам, в реакторах ВВЭР на оксидном топливе эти требования могут быть выполнены только при повышении обогащения свыше 5%. К аналогичному выводу для реакторов типа PWR приходят и зарубежные специалисты.

Однако, по мнению специалистов, этот вопрос недостаточно изучен в плане обращения с таким топливом как на АЭС, так и на других предприятиях топливного цикла.

Ко второй группе задач относится обоснование возможности работы реакторов ВВЭР в режиме суточного и недельного маневрирования мощностью. В таком режиме работают многие блоки зарубежных АЭС. В проектах действующих реакторов ВВЭР работа в маневренном режиме не предусмотрена. По проекту предполагалось, что блоки атомных электростанций будут работать в «базовом» режиме, т. е. на 100% мощности. Переход на работу в маневренном режиме действующих блоков требует решения большого объема задач по организации эксплуатации и проведения модернизаций на АЭС. Что касается топлива, то, по оценкам специалистов организаций-разработчиков, современное топливо реакторов ВВЭР-1000 готово к работе в маневренных режимах.

К более далекой перспективе относятся вопросы, связанные с эксплуатацией смешанного уран-плутониевого топлива (МОКС-топливо). Эти вопросы станут актуальными после создания соответствующего производства.

Формирование и обоснование безопасности текущих топливных загрузок на АЭС с реакторами ВВЭР

Одним из важнейших условий безопасной эксплуатации АЭС является формирование топливных загрузок, удовлетворяющих требованиям ядерной безопасности. Каждая новая модель тепловыделяющих сборок проходит полный цикл разработки, испытаний и исследований, включая обоснование безопасности топливных циклов на их основе.

Для этого проектными организациями при разработке новых топливных циклов определяется, в частности, диапазон изменения основных нейтронно-физических характеристик, влияющих на ядерную безопасность, так называемые «рамочные» параметры, которым в процессе эксплуатации должны соответствовать реальные топливные загрузки.

Формирование и нейтронно-физический расчет очередных топливных загрузок энергоблоков с реакторами ВВЭР производится персоналом АЭС с учетом утвержденных графиков ремонтов и выработки электроэнергии. Активные зоны комплектуются типами ТВС, содержащимися в технических условиях на топливо и в обоснованиях безопасности. Номенклатура ТВС подпитки, схемы перегрузок ТВС выбираются в соответствии с обоснованной в проекте общей стратегией топливного цикла.

Реальные топливные загрузки, как правило, отличаются от проектных топливных загрузок. Эти отличия обусловлены отклонениями в графике выработки электроэнергии в связи с требованиями энергосистемы и различными эксплуатационными ограничениями.

Поэтому возникает необходимость в проверке нейтронно-физических характеристик текущих топливных загрузок с целью подтверждения их соответствия проектным требованиям безопасности («рамочным» параметрам). Выполнение установленных ограничений для нейтронно-физических характеристик является одним из основных факторов для разрешения эксплуатации энергоблока на заявленной мощности.

Важность контроля нейтронно-физических характеристик текущих топливных загрузок возрастает в период эксплуатации АЭС на повышенной мощности.

Контроль выполнения проектных ограничений для нейтронно-физических характеристик текущих топливных загрузок российских реакторов ВВЭР возложен на ОАО «ВНИИАЭС».

Основными документами, которые используются для подтверждения соответствия нейтронно-физических характеристик текущих топливных загрузок установленным требованиям, являются руководящие документы эксплуатирующей организации; в частности для ВВЭР-1000 – «Номенклатура эксплуатационных нейтронно-физических расчетов и измерений для топливных загрузок ВВЭР-1000» (далее «Номенклатура...»).

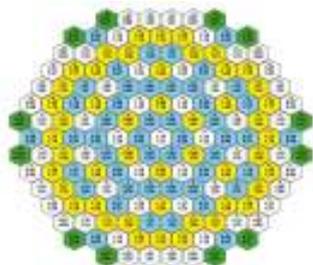
Допустимые значения нейтронно-физических характеристик, содержащиеся в данных руководящих документах, определяются исходя из требований ТОО РУ, ТОО АС и ТУ на топливо и корректируются в соответствии с изменениями в проектной документации.

«Номенклатура...» устанавливает требования к формированию топливных загрузок, объему и результатам расчетов и измерений нейтронно-физических характеристик, включая вопросы порядка оформления и согласования отчетных документов, регламентирует необходимый объем измерений и порядок сопоставления их результатов с расчетными и проектными данными. Документ распространяется как на период промышленной эксплуатации, так и на период опытной эксплуатации топлива, исключая первую топливную загрузку.

Расчеты, выполняемые в соответствии с руководящим документом, содержат информацию для формирования «Альбома нейтронно-физических характеристик», используемого оперативным персоналом АЭС, а также для пополнения банка данных по

топливным загрузкам с целью обеспечения возможности оперативного рассмотрения вопросов, связанных с безопасностью эксплуатации и использованием ядерного топлива.

Расчеты нейтронно-физических характеристик на российских АЭС проводятся квалифицированными специалистами, прошедшими в ОАО «ВНИИАЭС» необходимую подготовку и аттестованными в соответствии с руководящим документом эксплуатирующей организации: «Положение о порядке проведения аттестации персонала атомных электростанций с реакторами ВВЭР, выполняющего нейтронно-физические расчеты топливных загрузок».



Таким образом, научными, конструкторскими, производственными организациями и предприятиями атомной отрасли России осуществляется постоянное совершенствование существующих конструкций тепловыделяющих сборок; проводятся работы по созданию новых ТВС с улучшенными технико-экономическими характеристиками, соответствующими характеристикам топлива ведущих мировых производителей; осуществляется научно-техническое сопровождение внедрения

нового топлива на АЭС.

Основные направления развития ядерного топлива: повышение эксплуатационной надежности и эксплуатационного ресурса ТВС; реализация на АЭС безопасных и экономически эффективных топливных циклов, включая увеличение выгорания топлива, создание условий для повышения тепловой мощности энергоблоков, увеличение длительности топливных кампаний, уменьшение нейтронной нагрузки на корпус реактора.

При этом ставится задача максимально учитывать интересы потребителей и в полном объеме удовлетворять их требования к экономическим и техническим показателям ядерного топлива, отвечающим стратегиям эксплуатации АЭС и требованиям энергосистем.

Источники:

1. <http://www.nccp.ru/er/tvs.html>.
2. РЭА – 2011г., №9-10.
3. Тепловыделяющая сборка ТВСА ВВЭР-1000: направления развития и результаты эксплуатации / В.Б. Кайдалов [и др.] // Атомная энергия. – 2007. Т. – 102.– С. 43 – 48.
4. Разработка и внедрение ТВС-2М для перспективных топливных циклов / Ю.Г. Драгунов [и др.] // Атомная энергия. – 2005. Т. – 99.– С. 432 – 437.

Материал подготовили: Брылева В.А., Войтецкая Е.Ф., Нарейко Л.М.

Адреса для контактов:

ГНУ «ОИЭЯИ-Сосны» НАН Беларуси, 220109, Минск, ул. академика А.К. Красина, 99
тел.: 299-47-61, 299-45-56, факс: 299-43-55, E-mail: <http://www.sosny.bas-net.by>
E-mail: valentina.brylioiva@yandex.by

Для получения данного информационного бюллетеня просим подать заявку в электронном виде с указанием своего электронного адреса

©При перепечатке ссылка обязательна

По заказу Министерства энергетики Республики Беларусь