



# ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№1

2016

## СЕРИЯ: АТОМНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

### ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ПОСТАВОК ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА НА АЭС

Проектирование реакторной установки определенного типа предполагает разработку (с учетом особенностей конструкции и условий эксплуатации реактора) соответствующего топлива – тепловыделяющих сборок с характеристиками, обеспечивающими безопасность установки при всех проектных технико-экономических показателях работы АЭС. Такими характеристиками ТВС являются геометрические размеры, вес топлива, ядерно-физические параметры, прочность конструкции сборки, использованные конструкционные материалы, обладающие необходимыми свойствами для работы в условиях радиационных полей и тепловых нагрузок, выдерживающие температуры и химическую среду теплоносителя.

Так, например, являющиеся аналогами реакторы PWR западного дизайна и реакторы ВВЭР, имеющие существенные различия (включая размеры корпусов реакторов, распределение нейтронной мощности, расход теплоносителя через активную зону и др.), отличаются и конструкционными особенностями тепловыделяющих сборок. Тепловыделяющие сборки изготавливаются из разных материалов, находятся в различных гидромеханических условиях, имеют особенности в перегрузке топлива, характеризуются различием в осевой устойчивости, устойчивости системы управления и защиты и др. Для ВВЭР форма топливной сборки – шестигранник, для западных реакторов – квадрат.

Единицей торговли на рынке фабрикации ядерного топлива является ТВС. Фабрикация тепловыделяющих сборок – сложный процесс; при этом значительная доля технологических линий для производства ТВС разных типов является одинаковой, и лишь часть технологий для конкретного типа реактора имеет специфику в производстве ТВС, является коммерческой тайной производителя и обеспечивает ему монополию в производстве топлива для конкретного типа энергетического реактора.

Основными поставщиками на международном рынке ядерного топлива являются несколько крупных компаний: Toshiba-Westinghouse, AREVA NP-MHI, ТК «ТВЭЛ», Hitachi General Electric. Производством топлива занимаются и другие компании, не являющиеся пока активными участниками рынка, а производящие ядерное топливо в основном для внутренних нужд: CNNC – (Китай), NFI – Nuclear Fuel Industries (Япония), KNFC (Южная Корея), NFC – Nuclear Fuel Complex (Индия), INB – Industrias Nucleares do Brasil (Бразилия).

Крупные компании кроме основного типа производимого топлива активно осваивают технологии изготовления других видов тепловыделяющих сборок, пытаются расширить свои рынки сбыта в условиях усиливающейся конкуренции, тем более что на современном этапе законодательством многих развитых стран активно стимулируется внедрение диверсификации источников поставок топливно-энергетических ресурсов.

Так, в документе Communication from the commission to the European Parliament and the Council «European Energy Security Strategy», выпущенном в 2014 г. Европейской комиссией

по результатам проведенного группой европейских экспертов детального исследования европейской энергетической безопасности, отмечено, что с целью ее улучшения необходимым условием для любых новых инвестиций в новые ядерные электростанции, которые будут строиться в ЕС по неевропейским технологиям, является возможность диверсификации поставок ЯТ для АЭС всех операторов.

При этом японско-американская Westinghouse и ее партнеры получили субсидию в размере EUR2 млн. от Европейского Союза в рамках проекта по диверсификации источников поставки топлива для расположенных в Европе атомных реакторов российского дизайна. Реакторы российского дизайна в странах Евросоюза полностью зависят от российских поставок топлива. Эти реакторы вырабатывают около половины всей электроэнергии в Болгарии, Чехии, Финляндии, Венгрии, Словакии.

Субсидия от Евросоюза направлена на диверсификацию топливных поставок в кратко- и среднесрочном периоде в полном соответствии с международными стандартами ядерной безопасности. Субсидия была предоставлена в рамках проекта ESSANUF (European Supply of Safe Nuclear Fuel), направленного на лицензирование альтернативного ядерного топлива для российских реакторов ВВЭР, работающих на территории ЕС. Westinghouse, являющийся координатором проекта, активно осваивает производство ТВС для реакторов ВВЭР, продвигая это топлива в страны, эксплуатирующие российские реакторы.

Наиболее интенсивно процесс внедрения альтернативного топлива Westinghouse идет в Украине после подписания в 1998 г. с США соглашения о сотрудничестве в мирном использовании ядерной энергии. Соглашение предусматривало выплату 30 млн. долл. на модернизацию украинского топливного сектора и активное привлечение частного американского капитала для поставок топлива на АЭС Украины. НАЭК «Энергоатом» и Westinghouse начали реализацию проекта по использованию американских тепловыделяющих сборок на реакторах ВВЭР-1000 в 2000 г. с опытной эксплуатации нескольких ТВС, совмещаемых с топливом российского производства, на третьем блоке Южно-Украинской АЭС.

Чтобы одному производителю изготовить сборку другого с требуемыми характеристиками, ему необходимо иметь все технологии и материалы, технические условия и стандарты, что в полном объеме возможно только при приобретении лицензии на изготовление. При внедрении альтернативного топлива в уже эксплуатируемый реактор задача заключается в достижении максимальной идентичности твэлов и ТВС (технологической, физической, по топливу), чтобы не изменять, а тем более не ухудшать показатели работы АЭС. Предполагается тщательная оценка безопасности, получение для каждой модификации одобрения национального надзорного ведомства страны-импортера с учетом национальных законов, соответствующих правил безопасности, лучшей практики отрасли, оценка необходимой модернизация систем смешанной активной зоны.

Весь период опытно-промышленной эксплуатации сборок ТВС Westinghouse на Южно-Украинской АЭС сопровождался их модернизацией для устранения целого ряда конструктивных недоработок, приводящих к повреждению топливных кассет в процессе эксплуатации. Это свидетельствует об отсутствии договорных отношений между российскими изготовителями топливных сборок и Westinghouse на передачу необходимого минимума технической документации.

Поставки в Украину топлива Westinghouse будут продолжаться. Так, в случае положительного решения Государственной инспекции ядерного регулирования Украины (ГИЯРУ) по лицензированию модернизированных ТВС-WR «Энергоатом» планирует в 2016 году приобрести у Westinghouse пять поставок свежего топлива: две для ЮУАЭС и три для ЗАЭС.

В свою очередь, Россия, занимающая большую долю ядерного рынка, строящая АЭС под ключ вплоть до вывоза топливных отходов и заключающая долгосрочные контракты на 15–30 лет на поставку топлива, также пытается выйти на новые рынки сбыта – производство топлива для реакторов европейского дизайна (PWR), где со своим топливом доминируют

другие корпорации, тот же Westinghouse. В 2014 г. ОАО «ТВЭЛ» по контракту со шведской компанией Vattenfall Nuclear Fuel AB поставило четыре сборки топлива «ТВС-Квадрат» для опытной эксплуатации на шведском энергоблоке «Рингхальс 3» с реактором типа PWR. При этом в конструкции «ТВС-Квадрат» использованы апробированные и положительно зарекомендовавшие себя в шестигранной ТВС для реакторов ВВЭР конструкторские решения по каркасу и дистанционирующей решетке, а в качестве конструкционных материалов применены лучшие российские сплавы на основе циркония. Очевидно, что российский поставщик рассчитывает заключить контракты на поставку изготовленных на его предприятиях квадратных ТВС в страны Евросоюза для эксплуатации в составе активных зон совместно с топливом других поставщиков.

В настоящее время рынок товаров и услуг ЯТЦ приобретает интернациональный характер. Конкуренция крупных корпоративных объединений производителей ядерного топлива приводит к необходимости интеграции производств и продукции, перекрестной квалификации заводов и изделий, обмена технологиями, в том числе и технологиями изготовления топлива. Так, на современном этапе американцы и французы активно делятся технологиями изготовления топлива, получая за это бонусы в виде участия в проектах сооружения АЭС в разных странах.

Топливная компания Росатома «ТВЭЛ», подписывая в 2010 году пакет контрактных документов с Цзянсуской ядерной энергетической корпорацией (JNPC) и Китайской компанией индустрии атомной энергии (CNEIC) на комплектную поставку модифицированного топлива ТВС-2М для энергоблока №1 Тяньваньской АЭС с ВВЭР-1000 в количестве шести перегрузок, также предусмотрела в контракте передачу технологии изготовления топлива ТВС-2М для производства его в Китае – изготовление седьмой топливной загрузки второго блока Тяньваньской АЭС сборками ТВС-2М уже на Ибиньском топливном заводе по российской технологии с использованием российских комплектующих.

Представителями китайской стороны неофициально озвучено, что компания CNNC освоила французские и российские технологии производства топлива и даже готова продавать свою продукцию для АЭС различных типов, включая станции советского и российского производства, в первую очередь поставлять топливо в Венгрию и Румынию, а также на Украину. Однако с юридической точки зрения вопрос экспорта Китаем ядерного топлива собственного производства, созданного на основе российских технологий, является неопределенным. Все зависит от того, как составлен контракт между Россией и Китаем по передаче технологий производства ядерного топлива. Возможны три варианта: либо экспорт полностью запрещен, либо допускается с разрешения России, либо этот момент никак не прописан. Однако, как считают независимые эксперты, даже если никаких ограничений со стороны России к экспорту китайского топлива нет, появление Китая в числе конкурентов на мировом рынке поставщиков топлива в ближайшее время маловероятно.

Что касается топлива для реакторов ВВЭР нового поколения (ВВЭР-1200), которое будет обеспечивать работу в более жестких, по сравнению с ВВЭР-1000, условиях (температура, давление, паросодержание), эксплуатацию в гибких топливных циклах различной длительности с возможностью суточного маневрирования в диапазоне 100-75-100 % Nном, оно производится в настоящее время только в Российской Федерации.

### **Диверсификация и безопасность**

В настоящее время энергогенерирующими компаниями уделяется большое внимание вопросам эксплуатации смешанных загрузок активных зон реакторов. Использование на АЭС смешанных активных зон с топливом разных поставщиков становится нормальной практикой.

Международные совещания с участием представителей регулирующих органов ядерной и радиационной безопасности, эксплуатирующих организаций, организаций по научно-техническому сопровождению эксплуатации, разработчиков и изготовителей топлива стран, практикующих смешанные загрузки ядерного топлива в реакторах, регулярно проводятся в МАГАТЭ. В 2013 г. по результатам двух совещаний, инициированных

МАГАТЭ, был опубликован документ «Эксплуатация и лицензирование смешанных активных зон в водоохлаждаемых реакторах» (TECDOC №1720 «Operation and Licensing of Mixed Cores in Water Cooled Reactors»). Как следует из документа, основное требование – процедурно законченное обоснование безопасности, содержащее выводы о состоянии безопасности и анализ возможных последствий нарушений эксплуатации энергоблоков со смешанными активными зонами.

Кроме этого, целесообразно подтверждение экономической приемлемости использования альтернативного топлива, так как уже очевидны проблемы, которые могут возникнуть в дальнейшем. Например, после эксплуатации ТВС Westinghouse на украинских АЭС, отработавшие сборки не могут быть возвращены в страну-изготовителя (в отличие от России ни США, ни Швеция ОЯТ назад не принимает) и не смогут быть отправлены на выдержку и переработку в Россию.

\*\*\*

Существует колоссальный мировой опыт в развитии атомной энергетики как относительно типов, количества энергетических реакторов, так и способов изготовления для них ядерного топлива. В настоящее время в условиях жесткой конкуренции между поставщиками любая страна, даже являющаяся собственником атомного комплекса – начиная от наличия источников ядерного сырья и заканчивая технологиями утилизации ядерных отходов, не может быть независимой от других государств.

Мировой опыт показывает, что сотрудничество между различными странами и рынками способствует развитию атомной энергетики, это относится, в том числе, и к производству ядерного топлива. Выход новых игроков на этот рынок – конкуренция, которая способствует совершенствованию технологий изготовления для улучшения характеристик топлива, доведению его до более высоких технико-эксплуатационных показателей.

Источники:

1 [uaenergy.com.ua/.../pochemu-ukraina-diversifitsiruet-postavki-yadernogo/](http://uaenergy.com.ua/.../pochemu-ukraina-diversifitsiruet-postavki-yadernogo/)

2 <http://interfax.com.ua/news/economic/274950.html> – Дата доступа: 30.06.2015

3 [Atominfo.ru](http://Atominfo.ru)

4 [www.nccp-eng.ru](http://www.nccp-eng.ru)

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.: 391-14-43, факс: 391-13-35, Web-site: <http://www.sosny.bas-net.by>

E-mail: [valentina.brylioiva@yandex.by](mailto: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