



# ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

№ 4

2013

## РАБОТЫ НА АЭС С ЯДЕРНЫМ ТОПЛИВОМ

Безопасность при проведении работ с ядерным топливом – необходимое условие эксплуатации АЭС. Нормативными документами устанавливаются требования, в соответствии с которыми выполняются все транспортно-технологические операции с ядерным топливом и согласно которым должны проводиться анализ и обоснование безопасности в системах хранения и обращения с ядерным топливом (ЯТ). Во всех эксплуатационных режимах основным требованием по обеспечению ядерной безопасности в системах с ядерным топливом является непревышение эффективного коэффициента размножения нейтронов значения 0,95.

Комплекс работ с ядерным топливом на АЭС осуществляется в соответствии с последовательным выполнением организационных мероприятий и транспортно-технологических операций:

- организация заказа на поставку свежего топлива – тепловыделяющих сборок (ТВС) и поглощающих элементов системы управления и защиты (ПС СУЗ);

- доставка на АЭС свежего топлива;

- входной контроль свежего топлива и его временное размещение в хранилище свежего топлива (ХСТ);

- подготовка топлива к загрузке в реактор;

- доставка подготовленного топлива из ХСТ в реакторное отделение;

- операции по перегрузке ядерного топлива в активной зоне реактора – извлечение отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) из активной зоны реактора и загрузка его в бассейн выдержки, перестановка в активной зоне ТВС, подлежащих дальнейшей работе, и загрузка в активную зону свежего топлива;

- хранение отработавшего топлива в бассейне выдержки;

- загрузка отработавшего топлива в контейнеры;

- вывоз контейнеров с отработавшим топливом из реакторного отделения;

- вывоз отработавшего ядерного топлива с территории АЭС на завод регенерации (если предусмотрен такой вариант обращения с ОЯТ).

Работа с ядерным топливом на АЭС начинается с организации заказа, когда решаются следующие основные задачи:

- определение срока поставки свежих ТВС и ПС СУЗ;

- определение объема поставки и количества свежего топлива.

Процесс поступления свежего топлива на АЭС для очередной перегрузки и его размещение на временное хранение в ХСТ осуществляется в соответствии с заказом до начала очередного топливного цикла. Возможна организация схемы заказа таким образом, что все топливо, необходимое для очередной загрузки, будет поставлено на АЭС с завода

непосредственно перед его загрузкой в реактор. Но в этом случае создаются дополнительные трудности по приемке ядерного топлива и подготовке его к загрузке в реактор.

Разработка схемы заказа и получения свежих ТВС и ПС СУЗ тесно связана с планированием сроков перегрузки ядерного топлива в реакторе. При этом расчет топливных загрузок – один из важнейших этапов в организации режимов топливоиспользования на АЭС. Основная задача расчета топливной загрузки – получение схемы перестановки ТВС при перегрузке, а также нейтронно-физические характеристики предстоящего топливного цикла. В качестве исходных параметров для расчета задают ряд величин, одна из которых – необходимая длительность работы предстоящей топливной загрузки. Остальные условия проведения расчетов при выборе схемы очередной топливной загрузки обеспечивают безопасную эксплуатацию топлива в течение всего топливного цикла. К этим условиям относятся:

- необходимая подкритичность активной зоны в различных состояниях;

- достаточная эффективность органов аварийной защиты и управляющей группы ПС СУЗ;

- наличие отрицательных коэффициентов реактивности по температуре воды и топлива, а также по мощности;

- непревышение допустимой мощности в максимально напряженных ТВС и твэлах;

- другие нейтронно-физические характеристики активной зоны.

Эти и другие параметры определяются в процессе проведения расчетов и сравниваются с установленными пределами. После этого делается вывод о допустимости использования выбираемой схемы перегрузки, и соответственно этому делается заказ на поставку очередной партии свежего топлива.

Транспортирование свежего топлива с завода-изготовителя на АЭС осуществляется спецэшелонам, в составе которого могут быть спецвагоны с контейнерами со свежим топливом или специально оборудованные железнодорожные платформы с размещением на них контейнеров, укрытых специальными колпаками-крышками. Указанные транспортные средства удовлетворяют требованиям безопасной перевозки об исключении достижения критического состояния в любых условиях перевозки.

### ***Транспортно-технологические операции со свежим топливом***

Последовательность транспортно-технологических операций со свежим топливом на АЭС:

- прием спецэшелона с топливом на площадку отстоя АЭС;

- подача вагонов с топливом по внутристанционным путям в пристанционный перегрузочный узел для выгрузки из вагона в спецтранспорт и доставка на нем топлива в хранилище свежего топлива;

- доставка подготовленного к загрузке в реактор свежего ядерного топлива во внутристанционном транспортном контейнере из ХСТ в реакторное отделение энергоблока.

Хранение свежего (необлученного) ядерного топлива и подготовка его для загрузки в реактор осуществляется в хранилище свежего топлива. Безопасность в хранилище свежего топлива обеспечивается выполнением следующих мер:

- в помещении хранилища проектом установлены пути транспортирования топлива и оборудования;

- при выполнении транспортно-технологических операций используются механизмы, приспособления и инструменты, изготовленные в соответствии с проектной документацией, прошедшие все предусмотренные профилактические и наладочные проверки и дополнительно осмотренные непосредственно перед началом работ (по результатам испытаний составляется акт, разрешающий использовать механизмы, приспособления, инструменты для работ с ядерным топливом);

- все транспортно-технологические операции проводятся по инструкциям, согласованным в установленном порядке, с оформлением наряда-допуска;

все работы по перемещению свежего топлива проводятся по рабочим программам (графикам загрузки топлива во внутростанционные транспортные упаковочные комплекты для перевозки в реакторное отделение и т.д.), утвержденным главным инженером АЭС, при необходимости в программах указываются дополнительные меры безопасности;

к работам по перемещению свежего топлива и выполнению транспортно-технологических операций допускается персонал, обученный и аттестованный (в объеме должностных инструкций) в соответствии с действующими в атомной энергетике правилами и нормами и прошедший инструктаж перед началом работ с топливом;

все работы со свежим ядерным топливом в ХСТ выполняются под контролем ответственного хранителя топлива или контролирующего физика;

каждая отдельная транспортно-технологическая операция, связанная с перемещением ядерного топлива, регистрируется в оперативной документации (рабочий график, картограммы) с указанием места нахождения топлива.

### ***Перегрузка активной зоны***

Система перегрузки активной зоны предназначена для замены отработавших ТВС, ПС СУЗ активной зоны реактора на свежие, а также для перестановки ТВС и поглотителей внутри активной зоны.

Порядок перегрузки, перестановки и замены ТВС (схема перегрузки и рабочий график перегрузки) разрабатывается на основании анализа картограммы загрузки активной зоны и выгорания топлива в каждой ТВС в процесс эксплуатации реактора, которые рассчитываются с учетом графика изменения мощности реактора в ходе кампании.

При перегрузке выполняются следующие транспортно-технологические операции с ЯТ:

прием свежих ТВС и ПС СУЗ, доставленных из хранилища свежего топлива в реакторное отделение;

выгрузка отработавшего топлива из реактора в бассейн выдержки;

перестановка ТВС и ПС СУЗ внутри активной зоны реактора;

загрузка свежих ТВС и ПС СУЗ в реактор;

загрузка выдержанного в течение предусмотренного проектом срока отработавшего ядерного топлива из бассейна выдержки в контейнеры для транспортирования;

вывоз контейнеров с топливом из реакторного отделения.

В проектах реакторных установок предусматриваются конструктивные, технические и организационные меры, позволяющие при транспортировании и перегрузке исключить в системах с ядерным топливом создание условий, при которых возможно достижение критического состояния:

перегрузка топлива осуществляется при непрерывном контроле плотности потока нейтронов в соответствии с инструкциями, четко определяющими порядок проведения операций;

перегрузка отработавшего топлива осуществляется под защитным слоем воды с растворенной в ней борной кислотой в концентрации, необходимой для безопасного проведения этих работ;

проведение операций с топливом производится подготовленным и аттестованным персоналом в строгом соответствии со специальными инструкциями.

### ***Транспортно-технологические операции с отработавшим ядерным топливом***

Функции систем, сооружений и оборудования по обращению с отработавшим топливом, которые определяют комплекс работ с ОЯТ, заключаются в следующем:

транспортирование, контроль и размещение плановой выгрузки отработавшего топлива, а также размещение, при необходимости, аварийной выгрузки всей активной зоны в бассейне выдержки;

выдержка отработавшего топлива в течение предусмотренных проектом АЭС сроков до его вывоза из реакторного отделения;

отвод остаточных тепловыделений от отработавшего топлива;  
обеспечение биологической защиты персонала от радиационного воздействия топлива, хранящегося в бассейне выдержки.

Система хранения отработавшего ядерного топлива обеспечивает хранение ОЯТ на территории АЭС в хранилище реакторного отделения энергоблока, представляющего собой бассейн выдержки, что необходимо для снятия активности и остаточных тепловыделений отработавших ТВС до значений, допустимых при их транспортировании.

Для съема остаточных тепловыделений отработавших ТВС и обеспечения ядерной и радиационной безопасности при хранении топлива бассейн выдержки заполнен водой с растворенной борной кислотой в концентрации не менее 16 г/дм<sup>3</sup>.

Последовательность транспортно-технологических операций с ОЯТ в случае вывоза его на завод регенерации:

прием вагон-контейнерного поезда с оборотными порожними контейнерами для отработавших тепловыделяющих сборок на площадку отстоя АЭС;

подача вагон-контейнеров по внутривансионным путям в пристанционный перегрузочный узел для перегрузки порожнего контейнера на спецтранспорт;

доставка порожнего контейнера в здание реактора для загрузки в него отработавших тепловыделяющих сборок;

отправка загруженного контейнера из реакторного отделения энергоблока – установка контейнера на спецтранспорт и доставка его в пристанционный перегрузочный узел;

перегрузка контейнера со спецтранспорта в вагон-контейнер;

формирование эшелона вагон-контейнеров и его отправка с территории АЭС на завод регенерации ядерного топлива.

Отправка отработавшего топлива с АЭС производится по заранее разработанному графику на основе информации о состоянии и количестве отработавшего топлива в бассейне выдержки и планируемых сроках проведения плановых ремонтов блоков.

Источники:

1. <http://www.aes.pp.ua/NuclFuel/P02.htm>

2. ВВЭР-1000: физические основы эксплуатации, ядерное топливо, безопасность / А.М. Афров, С.А. Андрущечко, В.Ф. Украинцев и др. – М.: Университетская книга, Логос, 2006. – 488 с.

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, Web-site: <http://www.sosny.bas-net.by>

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