

**МУЛЬТИМОДАЛЬНЫЕ ПЕРЕВОЗКИ В ПРОГРАММЕ РЕПАТРИАЦИИ
ОТВС ИР РОССИЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА В РОССИЙСКУЮ ФЕДЕРАЦИЮ**

В докладе представлен опыт подготовки и организации транспортирования ядерных материалов исследовательских реакторов в программе репатриации высокообогащенного топлива в Российскую Федерацию. Обобщена и изложена эволюция средств и маршрутов транспортирования: типы используемых упаковок, их адаптация и сертификация, вопросы обеспечения безопасности, особенности и перспективы дальнейшего использования упаковок и средств транспортирования.

Введение

Ввоз ОТВС исследовательских реакторов (ИР), построенных при содействии СССР в различных странах Европы, Азии и Африки, в Российскую Федерацию выполняется в рамках международной программы репатриации (программа RRRFR). Основной целью программы RRRFR является снижение риска распространения ядерного оружия и угрозы международного терроризма. Правовым основанием для ее реализации явилось Соглашение между правительствами РФ и США о сотрудничестве, подписанное в мае 2004 года. Условия и принципы возврата высокообогащенного топлива в Российскую Федерацию одобрили 15 стран из 17-ти, имеющих на своей территории ИР, построенные по советским проектам.

Программа RRRFR позволила получить колоссальный опыт мультимодальных перевозок ОТВС ИР. В настоящее время международная программа RRRFR приближается к своему завершению, предоставив возможность обобщить накопленный опыт и подвести промежуточные итоги. На сегодняшний день успешно завершены перевозки ОТВС российского производства из Узбекистана, Латвии, Казахстана, Чехии, Болгарии, Венгрии, Румынии, Ливии, Украины, Польши, Сербии, Беларуси.

Эволюция средств и маршрутов транспортирования ОТВС ИР

К началу программы репатриации топлива в Российскую Федерацию российский парк транспортных упаковочных комплектов для перевозки ОТВС ИР был, в основном, представлен контейнерами ТУК-19, ТУК-32, ТУК-18, ТУК-108, ТУК-128. Причем, фактически можно было использовать только один тип контейнеров – ТУК-19. Это определялось простотой обращения с контейнером, небольшой массой (4,5 т), достаточным количеством контейнеров и, соответственно, минимальными организационно-техническими мероприятиями для приемки и обращения с ТУК-19 на объекте грузоотправителя ОТВС.

Первый опыт перевозок по программе RRRFR был получен при вывозе ОТВС ИР из Узбекистана в 2006 году. Для транспортирования ОТВС на радиохимический завод были использованы российские контейнеры

ТУК-19, которые перевозились традиционным способом – по железной дороге в вагонах-контейнерах ТК-5. Перевозка между исследовательским институтом и ж/д станцией осуществлялась автомобилем. Аналогичные схемы были применены при транспортировании ОТВС ИР из Латвии (2008 год), Казахстана (2008–2009 гг.). В каждом из этих случаев автомобильная перевозка контейнеров ТУК-19 требовала разработки специальных технических средств (рис. 1), которые не были универсальными и исключали возможность их дальнейшего использования в других проектах.



а



б

Рисунок 1. Погрузка контейнеров ТУК-19 на автомобиль (а) и в вагон-контейнер ТК-5 (б)

Очевидно, что использование одного типа контейнера в столь масштабной программе репатриации топлива в Российскую Федерацию было недостаточным. Специально для программы DOE была профинансирована разработка и изготовление 16-ти контейнеров SKODA VPVR/M.

Чешский контейнер SKODA VPVR/M изначально был более приспособлен к мультимодальным перевозкам, поскольку размещался в грузовом 20-футовом ISO-контейнере (рис. 2), обращение с которым унифицировано практически для всех видов транспорта.



Рисунок 2. Размещение контейнера SKODA VPVR/M в ISO-контейнере

Использование иностранного контейнера в программе репатриации ОТВС ИР в России осуществлялось впервые. Для использования контейнера SKODA VPVR/M в перевозках ОТВС ИР в Российской Федерации требовалось получить сертификат на конструкцию упаковки и перевозку, а также адаптировать технологии ФГУП «ПО «Маяк» к приемке этого контейнера.

Работы по оформлению российского сертификата-разрешения на конструкцию ТУК SKODA VPVR/M были осуществлены в два этапа. В работе принимали участие российские экспертные организации: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» и ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ». На первом этапе российскими экспертами была проведена ревизия комплекта документов по обоснованию безопасности конструкции контейнера, подготовленных разработчиком (SKODA JS a.s.), на предмет полноты и соответствия требованиям российских нормативных документов. На основании замечаний российских экспертов разработчик представил дополнительные материалы для обоснования радиационной и ядерной безопасности, а также прочности упаковки (исключение хрупкого разрушения конструкции в аварийных условиях при отрицательных температурах окружающей среды, обоснование назначенного срока службы контейнера и другие).

На втором этапе была разработана заявка на оформление российского сертификата-разрешения на конструкцию ТУК SKODA VPVR/M, которая была подана в российский компетентный орган ГК «Росатом». Экспертами ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» и ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ» был выполнен полный комплекс расчетов в обоснование безопасности конструкции контейнера в нормальных и аварийных условиях перевозки, результаты которых подтвердили правильность обоснований разработчика контейнера.

После проведения всех согласований 23.01.2006 ГК «Росатом» утвердила сертификат-разрешение RUS/3065/B(U)F-96 на конструкцию ТУК SKODA VPVR/M для перевозки ОТВС исследовательских реакторов, сроком действия на 3 года, который являлся подтверждением чешского сертификата CZ/048/B(U)F-96 (Rev.1). В 2009 году срок действия сертификата был продлен до 1 июля 2011 года.

С целью подготовки к приёму ТУК SKODA VPVR/M на ФГУП «ПО «Маяк» были спроектировано, изготовлено и закуплено дополнительное оборудование, разработана необходимая технологическая документация, проведено обучение персонала, проверка транспортно-технологической схемы радиохимического завода. По итогам испытаний сделано заключение о готовности ФГУП «ПО «Маяк» к обращению с ТУК SKODA VPVR/M с соблюдением требований изготовителя (SKODA J.S a.s.) и владельца контейнера (NRI Rez).

С использованием чешских контейнеров SKODA VPVR/M в 2007 году было вывезено облученное топливо из Института ядерных исследований Ржеж (Чешская Республика). ОТВС в контейнерах SKODA VPVR/M, упакованных в ISO-контейнеры, были перевезены автотранспортом до ж/д станции и по железной дороге транзитом через территорию Словакии и

Украины доставлены на российский радиохимический завод (рис. 3). Аналогичную схему применяли при транспортировании ОТВС ИР из Украины и Беларуси.



Рисунок 3. Транспортирование ISO-контейнеров с контейнерами SKODA VPVR/M автомобильным (а) и ж/д (б) транспортом

При вывозе ОТВС ИР из Болгарии в 2008 году получен первый опыт транспортирования чешских контейнеров SKODA VPVR/M водным транспортом. Водный участок маршрута проходил по реке Дунай. Баржа типа «река-море» была использована на этом участке маршрута (рис. 4). Контейнеры SKODA VPVR/M с ОТВС были перевезены из исследовательского института в порт Козлодуй на автомобилях и перегружены на баржу. По реке Дунай контейнеры были доставлены в украинский порт Измаил, откуда перевезены ж/д транспортом на перерабатывающий завод.



Рисунок 4. Погрузка ISO-контейнеров с контейнерами SKODA VPVR/M на баржу типа «река-море»

В 2008 году из Института исследования атомной энергии Венгерской Академии Наук ОЯТ ИР было вывезено с использованием чешских контейнеров SKODA VPVR/M. При этом впервые в программе RRRFR использовался морской транспорт. В некоторых проектах из-за сложностей реализации транзита морская перевозка облученного топлива является единственно возможной.

Морской участок маршрута был реализован с использованием датского судна LYNX (рис.5) класса ОЯТ-2, оснащенного в соответствии с требованиями «Международного кодекса по безопасной перевозке отработавшего ядерного топлива, плутония и высоко-радиоактивных отходов в таре на судах (Кодекс ОЯТ)». Надзор за выполнением данных требований осуществлял концерн «АСПОЛ-Балтик», российский морской перевозчик, имеющий соответствующий опыт. Поскольку большая часть морского пути протекала вне российских территориальных вод, в российском сертификате-разрешении было поставлено условие об использовании международных аварийных карт в соответствии с требованиями правил ММОГ. Особое внимание уделялось вопросу передачи ответственности за физзащиту. Специально была разработана и утверждена соответствующая процедура.



Рисунок 5. Датское судно LYNX, использованное при вывозе ОЯТ ИР из Венгрии

ОТВС в контейнерах SKODA VPVR/M, упакованных в ISO-контейнеры, были доставлены из исследовательского института до венгерской ж/д станции автотранспортом, где были перегружены на ж/д платформы (рис. 6). По железной дороге ISO-контейнеры были перевезены в словенский порт Копер (рис. 7). Морской участок маршрута проходил вокруг Европы до российского порта Мурманск, откуда ISO-контейнеры были доставлены на радиохимический завод по железной дороге.



а



б

Рисунок 6. Транспортирование ISO-контейнеров с контейнерами SKODA VPVR/M на автомобилях (а) и погрузка ISO-контейнеров на ж/д платформы (б)



а



б

Рисунок 7. Транспортирование ISO-контейнеров с контейнерами SKODA VPVR/M по железной дороге по территории Словении (а) и погрузка ISO-контейнеров на судно LYNX (б)

В рамках проекта по вывозу ОТВС румынского реактора ВВР-С была решена задача унификации транспортно-технологических операций с контейнерами ТУК-19 путем создания транспортного пакета.

В основу транспортного пакета для перевозки ТУК-19 (рис.8) был положен специализированный грузовой крупнотоннажный 20-футовый контейнер (СГКК), удовлетворяющий требованиям ISO-стандартов, международным конвенциям и отраслевым нормам перевозки опасных грузов различными видами транспорта. СГКК оснащен комплектом оборудования для раскрепления в нем ТУК-19. В течение 2008 года был изготовлен первый экземпляр (прототип), проведены испытания и получено свидетельство-сертификат Главного управления Российского Морского Регистра. Конструкция упаковки ТУК-19 в составе транспортного пакета прошла экспертизу ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» на соответствие российским и международным требованиям при транспортировании радиоактивных материалов. Новый транспортный пакет значительно расширил возможности обращения и перевозки ТУК-19 различными видами транспорта, включая морской и воздушный.

Транспортный пакет был использован для перевозки ОТВС реактора ВВР-С из Румынии воздушным транспортом. Для сертификации ТУК-19 на авиаперевозку ОЯТ ИР экспертами ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» были проведены расчетные исследования процесса динамического деформирования и оценки прочности упаковки ТУК-19 при воздействии механических нагрузок, моделирующих нормальные условия эксплуатации, а также аварийные условия перевозки, включая авиационную аварию. Было вы-



Рисунок 8. Транспортный пакет на основе грузового ISO-контейнера для перевозки ТУК-19

полнено также дополнительное расчетное обоснование сохранения подкритичности единичной упаковки при усиленной серии испытаний.

Вывоз ОТВС ИР из Румынии был осуществлен в июне 2009 года. Контейнеры ТУК-19, загруженные ОТВС и упакованные в ISO-контейнеры, были доставлены автотранспортом в румынский аэропорт. Для авиаперевозки использовался самолет Ан-124-100 компании «Волга-Днепр» (рис.9). Для минимизации времени пролета через воздушное пространство третьих стран маршрут проходил над Черным морем, а над сушей – в обход крупных населенных пунктов и опасных производственных объектов. После промежуточной посадки в Ульяновске для дозаправки самолет приземлился в а/п «Кольцово», откуда груз автотранспортом был доставлен во ФГУП «ПО «Маяк».

Аналогичная транспортная схема с использованием воздушного транспорта была применена при транспортировании ОТВС ИР из Ливии в декабре 2009 года и планируется при вывозе ОТВС ИР из Узбекистана и Вьетнама.



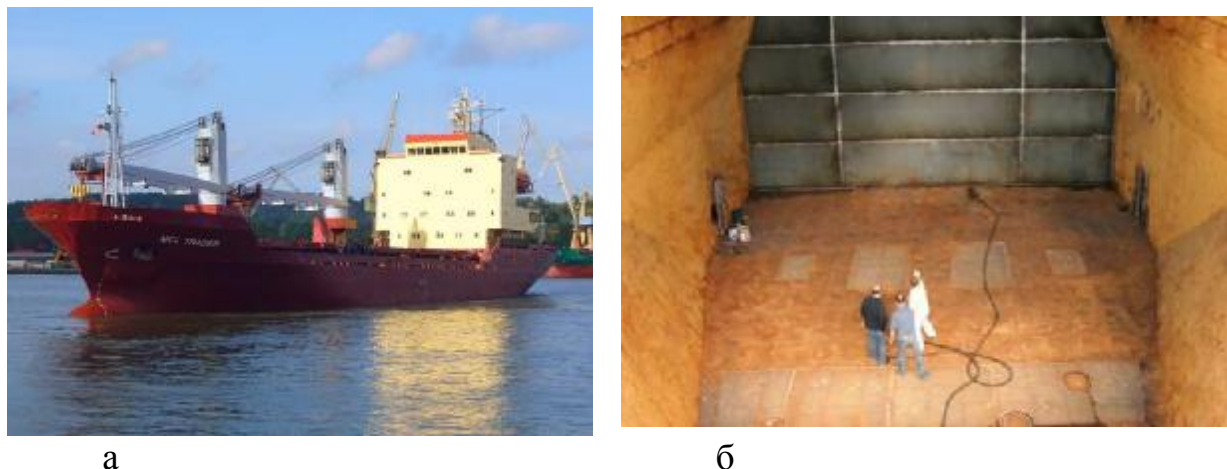
а



б

Рисунок 9. Самолет Ан-124-100 «Руслан» (а) и транспортные пакеты с ТУК-19, загруженные в грузовой отсек самолета

Было бы нелогичным в столь масштабной программе репатриации топлива не задействовать возможности российского морского перевозчика. Специально для этих целей при непосредственном участии НПФ «Сосны» в январе 2008 года в ЦНИИ им. академика Крылова начались работы по подготовке проекта переоборудования судна «MCL-Trader» (рис.10) концерна «АСПОЛ-Балтик».



а

б

Рисунок 10. Российское судно INF-класса «MCL Trader» (а) и его трюм до переоборудования (б)

После разработки и утверждения проекта на эстонской судовой верфи «Netaman Oü» под наблюдением местных представителей Российского Морского Регистра судно «MCL-Trader» было переоборудовано и сертифицировано по классу ОЯТ-2. Выполнен большой объем работ по разработке и утверждению всей необходимой судовой документации, персонал судна прошел специальное обучение и получил соответствующие разрешения на проведение работ. Данное судно переоборудовано в соответствии со всеми требованиями современных нормативных правил, имеет большое водоизмещение, возможность загрузки упаковок с использованием судовых кранов, приспособлено для плавания в северных широтах и, следовательно, имеет более высокий уровень безопасности. Использование «MCL-Trader» в программе репатриации началось в сентябре 2009 года при вывозе ОЯТ реакторов «Ева» и «Мария» из Польши (рис. 11).



Рисунок 11. Загрузка ISO-контейнеров с ТУК SKODA VPVR/М в трюм судна «MCL-Trader»

Для вывоза ОТВС польских реакторов потребовалось пять рейсов, в которых были использованы контейнеры SKODA VPVR/М и ТУК-19, размещенные в ISO-контейнерах. Маршрут включает в себя автомобильный участок от исследовательского института до польской ж/д станции, ж/д

участок по территории Польши до польского порта Гдыня, морской участок вокруг Скандинавии до российского порта Мурманск и ж/д участок по территории России до радиохимического завода.

Судно «MCL-Trader» также было использовано при вывозе ОЯТ ИР из Сербии.

До 2008 года при перевозках ОТВС ИР по программе RRRFR использовались автомобильный и железнодорожный виды транспорта. С 2008 года для перевозок ОТВС началось использование водных видов транспорта, а с 2009 года – воздушного. Всего вывезено более 600 кг ВОУ в составе ОТВС.

Перспективы

В 2009 году начаты работы по разработке упаковки типа С на базе контейнера SKODA VPVR/M для воздушной перевозки. В отличие от упаковки типа В, сертифицированной для воздушной перевозки, на упаковку типа С не накладывается дополнительных ограничений по активности радиоактивного содержимого, не требуется загружать ОТВС в герметичные пеналы, но конструкция ТУК должна удовлетворять требованиям по сохранению прочности и герметичности при усиленных испытаниях. По имеющейся информации, в настоящее время в мире отсутствуют контейнеры для ОЯТ, сертифицированные на соответствие требованиям безопасности, предъявляемым к упаковкам типа С.

Предварительные оценки возможности модификации контейнеров SKODA VPVR/M для создания на их базе упаковки типа С выполнены экспертами ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». Рассматриваемая в настоящее время модификация конструкции контейнера SKODA VPVR/M предусматривает увеличение эффективности системы демпфирования за счет помещения контейнера в «кокон». В настоящее время определены уровни предельных перегрузок, которые должна ограничить система демпфирования при механических воздействиях; рассмотрены технические характеристики средств транспортирования применительно к возможным схемам перевозки упаковки типа С; произведена оценка характеристик динамической защиты, исходя из транспортных ограничений при использовании различных транспортно-технологических схем; осуществлен выбор конструкции «кокона» и материала-наполнителя (рис. 12).

Успешные натурные модельные испытания макетов модифицированных элементов ТУК на столкновение с мишенью при скорости 90 м/с, тре-

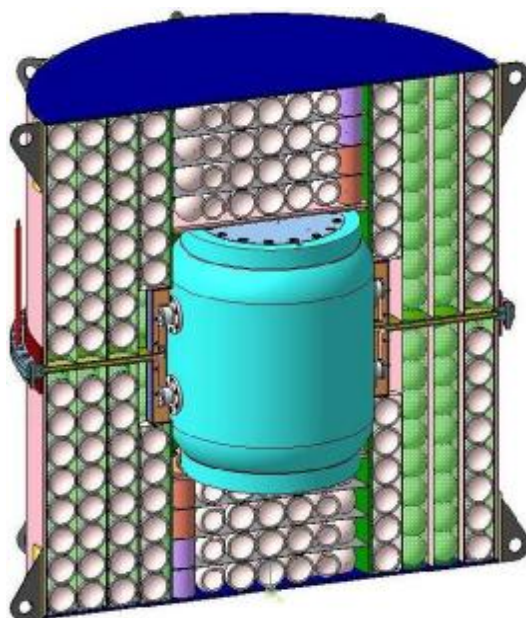


Рисунок 12. Общий вид контейнера SKODA VPVR/M в демпфере

буемые для сертификации упаковок типа С, были проведены на базе ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ». В настоящее время заканчивается процесс сертификации контейнера ТУК-145/С и изготовление демпферов на основе полых металлических шаров.

Заключение

Программа RRRFR явилась катализатором для совершенствования контейнерного парка, разработки оборудования для загрузки ОТВС в контейнеры, использования новых транспортных средств и маршрутов.

Накопленный опыт мультимодальных перевозок и разработанные технические решения значительно расширили возможности перевозок ОТВС ИР и в настоящее время успешно применяются при реализации программы RRRFR. Этот опыт имеет практическое значение не только для программы RRRFR, он носит универсальный характер и может быть использован в любых других проектах, связанных с обращением с ядерным топливом исследовательских реакторов.

СТАРКОВ В.А., ПИМЕНОВ В.В., ФЕДОСЕЕВ В.Е., МАЙНСКОВ С.В.

ОАО «Государственный научный центр научно-исследовательский институт атомных реакторов», г. Димитровград, Россия

РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРЕВОДА РЕАКТОРА МИР.М1 НА НОУ-ТОПЛИВО

В докладе представлены результаты нейтронно-физических и теплогидравлических расчетов в обоснование перевода реактора МИР.М1 на низкообогащенное топливо на основе диоксида урана. Дается сравнительный анализ характеристик активной зоны с ВОУ и НОУ топливом.

Введение

В настоящее время во всем мире наблюдается общая тенденция к минимальному использованию и исключению из гражданских ядерных программ высокообогащенного урана (ВОУ). Основной причиной проводимой политики является стремление уменьшить возможность распространения делящихся материалов и несанкционированного применения их для производства ядерного оружия. Значительный прогресс в решении этой задачи достигнут благодаря программе по снижению обогащения топлива для исследовательских и испытательных реакторов (RERTR) в Соединённых Штатах, Западной Европе, России и других странах.

В данной работе представлены результаты исследований технической возможности использования урана низкого обогащения (НОУ) в реакторе МИР.М1.

Реакторная установка МИР.М1

Исследовательский реактор МИР.М1 - петлевой, каналный с тепловым спектром нейтронов [1]. Главной исследовательской базой реакторной установки являются петлевые установки с внутрореакторными экспери-