

## Вывоз ОЯТ исследовательского реактора DNRI из Вьетнама на переработку в Российскую Федерацию

С.В. Комаров, С.А. Кашкиров  
ООО НПФ «Сосны», Россия

Nguyen Nhi Dien  
DNRI, Вьетнам

Stanley D. Moses  
ORNL, США

### ВВЕДЕНИЕ

Город Далат находится в южной части Социалистической Республики Вьетнам на расстоянии 1500 км от г. Ханой и 300 км от г. Хошимин. В нем расположен Далатский Институт Ядерных Исследований, в котором в 1963 г. корпорация General Atomic (США) построила исследовательский реактор TRIGA Mark II. В 1983 году реактор был реконструирован по советскому проекту. Реактор DNRR – исследовательский реактор бассейнового типа мощностью 500 кВт с легководным замедлителем и теплоносителем, работающий на российском топливе ВВР-М2.



а – вид с наружи



б – бассейн реактора

**Рисунок 1. Реактор DNRR**

В 2007 году в рамках программы RRRFR в Далатский Институт Ядерных Исследований были поставлены НОУ ТВС и вывезены необлученные ВОУ ТВС ВВР-М2 в Российскую Федерацию на переработку. Затем специалисты DNRI приступили к постепенной замене ВОУ ТВС ВВР-М2 в активной зоне на НОУ ТВС. В сентябре 2011 года 106 ВОУ ОТВС ВВР-М2 были перегружены из бассейна выдержки реактора в бассейн-хранилище отработавших сборок.



а – ВОУ ОТВС в хранилище

б – НОУ ТВС ВВР-М2

**Рисунок 2. Топливные элементы ВВР-М2**

Из Далатского Института Ядерных Исследований ранее никогда не вывозилось отработанное ядерное топливо, инфраструктура объекта не была приспособлена для загрузки ОТВС в транспортные контейнеры. Поэтому было выполнено обследование площадки грузоотправителя с целью определения объема работ по модернизации инфраструктуры объекта и сбора информации для последующей разработки технологии и оборудования, необходимого для перегрузки ОТВС из хранилища отработавших сборок в транспортный контейнер SKODA VPVR/M.

#### МОДЕРНИЗАЦИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ОБЪЕКТА

В соответствии с выставленными требованиями к инфраструктуре объекта зоны загрузки ОТВС в перегрузочный и транспортный контейнеры были оснащены электропитанием с аварийной системой энергоснабжения от дизельного генератора. Модернизирован полярный кран реакторного зала и дополнительно установлен консольный кран, позволяющий сократить время загрузки отработанного топлива в контейнер и обеспечить безопасность выполнения работ. Разработанное и изготовленное в России оборудование было доставлено в институт в ISO-контейнерах морским путем. Для обращения с ними в далатском институте была подготовлена горизонтальная площадка. Приобретен автопогрузчик грузоподъемностью 16 тонн, позволяющий доставить контейнер SKODA VPVR/M в реакторный зал.



а – выгрузка оборудования

б – доставка контейнера  
SKODA VPVR/M в реакторный зал

**Рисунок 3. Обращение с оборудованием и контейнером SKODA VPVR/M**

Перевозку ОТВС в Российскую Федерацию было решено осуществить воздушным транспортом. При этом все ОТВС, подлежащие вывозу, предполагалось загрузить в один контейнер SKODA VPVR/M. Специалистами ООО НПФ «Сосны» была разработана технология перегрузки ОЯТ исследовательского реактора Далатского Института Ядерных Исследований из хранилища отработавших сборок в транспортный контейнер. Ее уникальность заключается в том, что ОТВС в ТУК SKODA VPVR/M загружали не снизу из бассейна хранилища, как это обычно делается, а сверху. Для этого используется специально разработанный и изготовленный перегрузочный контейнер и вспомогательное оборудование. Необходимость разработки такой технологии возникла в связи с отсутствием возможности установки контейнера SKODA VPVR/M непосредственно над хранилищем отработавших сборок, поскольку оно находится на 4 метра выше пола реакторного зала, а существующий кран не может перемещать грузы массой свыше 5 тонн.

#### ПОДГОТОВКА И ЗАГРУЗКА ОТВС

По информации, полученной при предпроектном обследовании и предоставленной специалистами DNRI, выполнено проектирование оборудования с учетом особенностей объекта. Всего было разработано 27 наименований и изготовлено 72 единицы оборудования и инструмента. Среди них 10 особо сложных изделий. По факту изготовления каждое изделие проходило прочностное и функциональное испытания на заводе изготовителя.

Разработанное оборудование и инструменты делятся на 3 подгруппы:

- для выгрузки ОТВС из хранилища и загрузки в перегрузочный контейнер;
- для загрузки ОТВС в транспортный контейнер;
- для загрузки в самолет и перевозки транспортного контейнера.

Для обоснования безопасности выполняемых работ выполнили расчеты по обоснованию ядерной и радиационной безопасности при перегрузке ОТВС в транспортный контейнер, а также расчеты по обоснованию механической прочности разработанного оборудования и инструментов. Также разработана инструкция по радиационной безопасности при производстве работ по перегрузке ОТВС ВВР-М2 в контейнер SKODA VPVR/M.

После завершения изготовления оборудования на заводах все изделия были доставлены на экспериментальную площадку в городе Димитровград, конструкция которой приближена к параметрам хранилища отработавших сборок Далатского Института Ядерных Исследований. Выполнен монтаж, а затем проведены комплексные испытания, которые подтвердили работоспособность оборудования.



**Рисунок 4. Выполнение монтажных работ в UJV**

Затем оборудование было упаковано и доставлено в UJV, Rez a.s., Чешская Республика, автомобильным транспортом. После выполнения монтажных работ в UJV были

проведены испытания на совместимость оборудования для загрузки ОТВС ВВР-М2 с контейнером SKODA VPVR/M. Во время испытаний на контейнер SKODA VPVR/M были установлены перегрузочная плита с кондуктором и направляющими, а также выполнены перегрузки выемных частей из сухого хранилища в ячейки чехла контейнера SKODA VPVR/M с использованием перегрузочного контейнера.

Перегрузочный контейнер с выемной частью устанавливался на кондуктор, из ячейки которого предварительно был извлечен шибер, и с помощью электрической лебедки выемная часть выгружалась в ячейку чехла контейнера SKODA VPVR/M. После снятия перегрузочного контейнера в ячейку кондуктора дистанционно устанавливался шибер с использованием штанги-крюка.



**Рисунок 5. Испытания на совместимость оборудования для загрузки ОТВС ВВР-М2 с контейнером SKODA VPVR/M**

После испытаний оборудование снова было упаковано, загружено в ISO-контейнеры, а затем автомобильным транспортом доставлено в морской порт Копер, Словения, откуда на морском судне «Михаил Дудин» компании «Аспол-Балтик» было отправлено в морской порт Кай-Меп Социалистической Республики Вьетнам. Время в пути составило около 30 дней. От порта до Далатского Института Ядерных Исследований доставка ISO-контейнеров с оборудованием была осуществлена автомобильным транспортом.

Доставленное в DNRI оборудование было распаковано, смонтировано; была выполнена его настройка и калибровка. Далее приступили к обучению персонала DNRI, которое началось с демонстрации обучающих видеороликов. Затем персонал был ознакомлен со всеми позициями оборудования, его назначением, составом и принципом работы. Следующим этапом обучения стала отработка выполнения операций по обращению с оборудованием и инструментом с использованием макетов ТВС ВВР-М2. Также персонал был ознакомлен с конструкцией и устройством ТУК SKODA VPVR/M.

После завершения обучения приступили к выполнению практических работ по загрузке ОТВС ВВР-М2 в транспортный контейнер. На выполнение загрузки потребовалось 4 рабочих дня. По завершению загрузки была выполнена осушка внутренней полости контейнера. Выполнение всех операций проходило под контролем представителей МАГАТЭ.



**Рисунок 6. Выполнение практических работ по загрузке ОТВС ВВР-М2 в транспортный контейнер**

#### ПЕРЕВОЗКА

Загруженный 106-ю ОТВС ВВР-М2 и осушенный контейнер SKODA VPVR/M с помощью автопогрузчика был вывезен из реакторного зала и установлен около кантователя. С помощью автомобильного крана контейнер был размещен на кантователе, где на него был установлен нижний демпфер. Затем контейнер SKODA VPVR/M переместили в специализированный ISO-контейнер, установили верхний демпфер и раскрепили.



**Рисунок 7. Размещение контейнера SKODA VPVR/M на кантователе и его загрузка в ISO-контейнер**

Далее оборудование, которое подлежало отправке обратно в UJV, Rez a.s., было упаковано и загружено в ISO-контейнеры и подготовлено к отправке.



**Рисунок 8. Упаковка и загрузка оборудования в ISO-контейнеры**

30 июля 2013 года автомобильная колонна с четырьмя ISO-контейнерами с оборудованием и инструментом была отправлена из г. Далат в аэропорт г. Бьенхоа. 1 июля 2013 г. вторая колонна с одним ISO-контейнером с ТУК SKODA VPVR/M также прибыла в аэропорт г. Бьенхоа. Перевозка осуществлялась в сопровождении полиции и военных.



**Рисунок 9. Доставка оборудования из г. Далат в аэропорт г. Бьенхоа**

1 июля 2013 г. самолет АН-124-100 Авиакомпании «Волга-Днепр» доставил из России защитно-демпирующий кожух. Около самолета было установлено оборудование и сформирована упаковка ТУК-145/С из контейнера SKODA VPVR/M и ЗДК. ТУК-145/С с помощью лебедки был загружен в самолет, а оборудование упаковано в ISO-контейнеры.



**Рисунок 10. Формирование ТУК-145/С и загрузка в самолет**

Утром 3 июля 2013 года самолет АН-124-100 вылетел из аэропорта г. Бьенхоа в аэропорт «Кольцово» г. Екатеринбург, Российская Федерация. При выполнении рейса была выполнена посадка в аэропорту г. Владивосток для заправки топлива и смены экипажа.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подготовка к вывозу ВОУ ОТВС осуществлялась в течение трех лет. За это время была разработана новая технология загрузки ОТВС в контейнер SKODA VPVR/M с использованием перегрузочного контейнера, разработано и изготовлено соответствующее оборудование. Для обеспечения безопасности выполнения работ были выполнены комплексные расчеты прочности, радиационной и ядерной безопасности, серия испытаний, а также теоретическое и практическое обучение персонала.

Проект вывоза ВОУ ОТВС из DNRI стал первой воздушной перевозкой с использованием ТУК-145/С, сертифицированного на соответствие требованиям правил МАГАТЭ, предъявляемым к упаковкам типа С.

Успех данному международному проекту обеспечило хорошее взаимодействие американских, вьетнамских, чешских и российских специалистов.