КОНТЕЙНЕРЫ SKODA VPVR/M: СЕРТИФИКАЦИЯ В РОССИИ И ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

SKODA VPVR/M CASKS: CERTIFICATION IN RUSSIA AND OPERATIONAL EXPERIENCE

С.В. КОМАРОВ
(ООО НПФ «Сосны»),
К.В. ГОЛУБКИН
(ФГУП «ПО «Маяк»),
А.Е. БУЧЕЛЬНИКОВ
(Госкорпорация «Росатом»),
В.И. ШАПОВАЛОВ,
к.т.н. (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»)




S.V. KOMAROV
(R&D Company Sosny),
K.V. GOLUBKIN
(FSUE Mayak Production Association),
A.E. BUCHELNIKOV
(Rosatom Corporation),
V.I. SHAPOVALOV,
Candidate of Technical Science (VNIIEF)

Контейнер SKODA VPVR/M является упаковкой типа B(U), лицензированной в Чешской Республике для хранения и транспортирования отработавшего ядерного топлива исследовательских реакторов российского происхождения. Это первый зарубежный контейнер, сертифицированный для многократного использования в Российской Федерации после проведения необходимых обоснований безопасности конструкции, эксплуатационных испытаний и подготовки российского перерабатывающего завода к обращению с новым типом контейнеров.

В самом начале реализации программы RRRFR в распоряжении имелись только российские контейнеры ТУК-19 вместимостью до четырех отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС). Перевозка ТУК-19 осуществлялась железнодорожным транспортом в вагонах-контейнерах ТК-5.

Для транспортирования больших количеств топлива, хранящегося на многих исследовательских реакторных установках российского происхождения, потребовалось использовать новый упаковочный комплект повышенной вместимости. Это позволило бы сделать программу более гибкой и эффективной.

МАГАТЭ и Министерством энергетики США было решено изготовить серию транспортных упаковочных комплектов (ТУК) SKODA VPVR/M чешской конструкции, разработанных для хранения и перевозки ОЯТ исследовательских реакторов в унифицированных 20-футовых ISO-контейнерах. Шестнадцать ТУК SKODA VPVR/M были изготовлены на чешском заводе SKODA JS a.s. и сертифицированы сначала в Чехии, а потом и в России, что позволило существенно ускорить темпы выполнения работ по программе RRRFR и снизить стоимость ее транспортной составляющей.

ОПИСАНИЕ ТУК

Контейнер SKODA VPVR/M имеет уникальную конструкцию, позволяющую загружать его снизу, а разгружать сверху, для чего контейнер имеет систему из двух верхних и двух нижних крышек.

The SKODA VPVR/M cask is a type B(U) package licensed in the Czech Republic for applications in storage and transportation of spent nuclear fuel of Russian-origin research reactors. It is the first foreign-made cask that has been certified for multiple uses in the Russian Federation after completion of the required safety justifications for its design, operational tests and preparation of the Russian reprocessing facility for handling of this new type of casks.

At the very beginning of implementation of the RRRFR programme, the programme only had available to it the Russian TUK-19 casks, accommodating up to four spent fuel assemblies (SFAs). The TUK-19s were transported by rail, placed inside the TK-5 rail wagons.

However, in order to transport large amounts of spent fuel that was stored at numerous research reactor installations of Russian origin, a new, increased-capacity overpack was needed. This would make the implementation of the programme more efficient and flexible.

The IAEA and the United States Department of Energy made the decision to fabricate a series of Czech-design SKODA VPVR/M transport overpacks, developed specifically for spent fuel storage and transport inside the standard twenty-foot ISO-containers. Sixteen such SKODA VPVR/M overpacks were produced at the Czech SKODA JS a.s. plant and subsequently certified first in the Czech Republic and then in Russia, which helped vastly advance the rate of performance of the RRRFR programme and reduce its associated transport costs.

OVERPACK DESCRIPTION

The SKODA VPVR/M cask is of a unique construction that allows it to be loaded from below and unloaded from the top, to enable which the cask has a lidding system consisting of two top and two bottom lids.

The cask body is made of cast iron. Towards the top and bottom the body is narrowed, minimising its weight and preventing excess of the lifting capacity of the bridge cranes that are usually available at the majority of the reactor in-

Корпус контейнера изготовлен из чугуна. В верхней и нижней части корпус сужается – это позволяет минимизировать общий вес, чтобы не превысить пределы грузоподъемности мостовых кранов, имеющихся на большинстве реакторных установок. Внутренние стенки контейнера имеют алюминиевое покрытие, нанесенное способом горячего распыления. Устанавливаемый в контейнер штатный чехол изготовлен из листов борсодержащей стали и имеет 36 ячеек для размещения ОТВС. Центральная подвеска, проходящая по центру чехла, используется для его подъема или опускания.

Для обеспечения герметичности используются специальные металлические прокладки Helicoflex. Внутренняя полость контейнера заполняется гелием. При перевозке порожних контейнеров металлические прокладки заменяются эластомерными уплотнительными кольцами.

ИСПЫТАНИЯ КОНТЕЙНЕРА И ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В процессе изготовления, подготовки к эксплуатации и сертификации ТУК SKODA VPVR/M было выполнено не только расчетное обоснование безопасности конструкции, но также проведены эксплуатационные испытания и подготовка российского перерабатывающего завода к обращению с новым типом контейнеров, в том числе:

– испытания первого опытного образца ТУК SKODA VPVR/M на заводе-изготовителе;

– демонстрационные испытания в чешском Институте ядерных исследований в городе Ржеже;

– пробная железнодорожная перевозка порожних контейнеров на ФГУП «ПО «Маяк» и отработка технологии обращения с контейнером.

Каждый раз в ходе испытаний, проводимых в присутствии международных экспертов, принимались решения об усовершенствовании оборудования и технологий для обращения с ТУК SKODA VPVR/M.

Например, весьма жесткими оказались условия железнодорожной перевозки из Чешской Республики на ФГУП «ПО «Маяк». В результате перевозки было выявлено ослабление талрепов в системе раскрепления ТУК SKODA VPVR/M в ISO-контейнере, вызвав-

Транспортный упаковочный комплект SKODA VPVR/M
SKODA VPVR/M overpack

stallations. The cask inner walls are plated with aluminium, which is applied using the hot spraying technology. The standard basket that is placed inside the cask cavity is made of plates of boron-containing steel and provides 36 cells for placement of spent fuel assemblies. The central suspension that passes through the entire centreline of the basket is used for lifting and handling purposes.

Leaktight containment is provided by the metallic Helicoflex seals. The inner cavity of the cask is backfilled with helium. During transport of empty casks, the metallic seals are replaced with elastomeric O-rings.

TESTING OF THE CASK AND ITS ASSOCIATED EQUIPMENT

During fabrication, preparations for operation and certification of the SKODA VPVR/M overpack, not only calculations were performed to justify its safety, but also operational tests were carried out, as well as a number of preparations on the Russian reprocessing facility to enable it to handle this new type of overpack. These included:

– testing of the SKODA VPVR/M overpack prototype at the manufacturer site;

– demonstration tests at the Rez Nuclear Research Institute (in the Czech Republic);

– trail rail transport of empty casks to Mayak and cask handling tests.

Every time during the tests, which were witnessed by international experts, certain decisions had to be made to

ПЕРЕВОЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТУК SKODA VPVR/M / *TRANSPORTS USING THE SKODA VPVR/M OVERPACK*

Страна *Country*	Реактор *Reactor*	Тип ОТВС *Fuel assembly type*	Дата перевозки *Transport dates*	Номер сертификата на перевозку *Transport certificate reference*
Чехия / *Czech Republic*	LVR-15	ИРТ-2М, ЭК-10 / *IRT-2M, EK-10*	Декабрь 2007 / *December 2007*	RUS/3065/B(U)F-96T-1
Болгария / *Bulgaria*	ИРТ-2000 / *IRT-2000*	С-36, ЭК-10 / *S-36, EK-10*	Июль 2008 / *July 2008*	RUS/3065/B(U)F-96T(Rev.1)
Венгрия / *Hungary*	BRR	ВВР-М, ВВР-М2, ЭК-10 *VVR-M, VVR-M2, EK-10*	Октябрь 2008 *October 2008*	RUS/3065/B(U)F-96T(Rev.2)
Украина / *Ukraine*	ВВР-М / *VVR-M*	ВВР-М2, ВВР-М5, ВВР-М7 *VVR-M2, VVR-M5, VVR-M7*	Май 2010 *May 2010*	RUS/3065/B(U)F-96T(Rev.3)
Польша / *Poland*	«Ева» *Ewa*	ВВР-М2 *VVR-M2*	Сентябрь 2009 - сентябрь 2010 (2 рейса) / *September 2009 - September 2010 (2 trips)*	RUS/3065/B(U)F-96T(Rev.4)
Белоруссия / *Belarus*	«Памир»-630Д *Pamir-630D*	«Памир»-630Д, ИРТ-М *Pamir-630D, IRT-M*	Октябрь 2010 *October 2010*	RUS/3130/B(U)F-96T, RUS/3131/B(U)F-96T
Сербия / *Serbia*	RA	ТВР-С / *TVR-S*	Ноябрь - декабрь 2010 *November - December 2010*	RUS/3113/B(U)F-96T

шее износ цапф. После тщательной проверки, проведенной всеми заинтересованными сторонами, включая регулирующие органы, был выпущен отчет о корректирующих действиях, в котором была представлена подробная информация и даны рекомендации по модификации конструкции системы раскрепления и последующим эксплуатационным испытаниям. Все рекомендации, представленные в отчете, были выполнены, а испытания проведены своевременно.

Для обращения с ТУК SKODA VPVR/M и ISO-контейнерами на ФГУП «ПО «Маяк» было разработано и изготовлено оборудование для приемки и выгрузки ISO-контейнеров, в том числе набор подставок, переходников, захватов и штанг для обращения с элементами контейнера и ОТВС. Проведена модернизация железнодорожного вагон-контейнера для перемещения ТУК SKODA VPVR/M по территории предприятия. Мостовой кран был дооснащен частотными регуляторами и пультом дистанционного управления. Разработаны инструкции по эксплуатации ТУК и проведено обучение персонала.

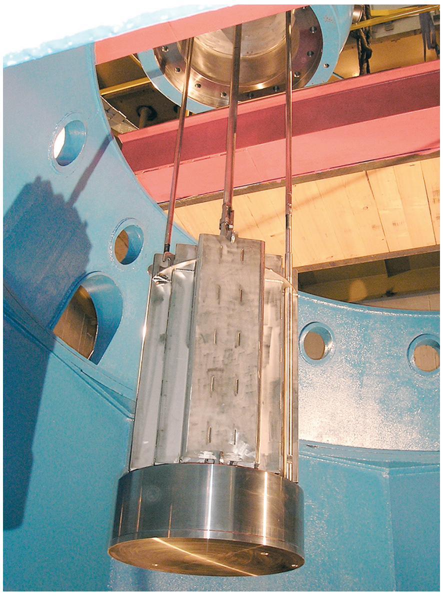
В ходе испытаний оборудования и технологии на ФГУП «ПО «Маяк» были проверены все операции с использованием порожнего ТУК SKODA VPVR/M. Отработка прошла успешно, в достаточной мере были представлены и работа персонала ФГУП «ПО «Маяк», и сам технологический процесс. Испытания проводились под наблюдением комиссии с участием представителей Ростехнадзора.

СЕРТИФИКАЦИЯ КОНТЕЙНЕРА

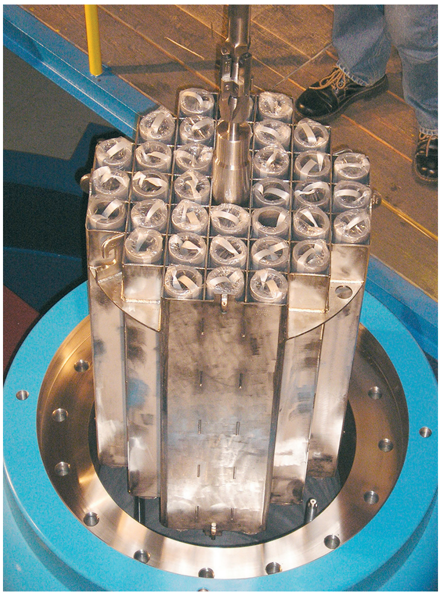
ТУК SKODA VPVR/M сначала был сертифицирован в Чешской Республике. В 2005 году был получен сертификат на транспортирование и хранение ОТВС российского происхождения в контейнере SKODA VPVR/M с международным идентификационным кодом CZ/048/B(U)F-96 (Rev. 1).

Использование иностранных контейнеров для перевозки ОЯТ не является обычной практикой для России. Правила безопасности и административные процедуры сертификации в Российской Федерации в некоторых аспектах отличаются от зарубежных. Поэтому к работам по сертификации конструкции ТУК SKODA VPVR/M подходили с особой тщательностью.

Работы проводились в две стадии. На первом этапе российскими экспертами была изучена документация, использованная при получении чешского сертификата. Было сделано заключение о том, что необходимо дополнительное обоснование безопасности конструкции ТУК SKODA VPVR/M для удовлетворения требований российских нормативных документов – в частности, дополнительный анализ конструкции для подтверждения ее прочности в условиях аварии при низких температу-



Отработка операции опускания чехла с нижней крышкой / *Training exercise lowing the basket with the bottom lid attached*



Чехол вынимают из контейнера
Basket being taken out of the cask

improve the equipment design and SKODA VPVR/M overpack handling processes.

For example, the conditions of rail transport from the Czech Republic to Mayak turned out to be very harsh. As a result of the test transport, loosening of the securing buckles in the SKODA VPVR/M overpack attachment system inside the ISO-container was identified, which had caused the trunnions to experience wear. After a detailed check, which involved representatives of all stakeholders, including regulators, a corrective action report was produced, presenting detailed information and providing recommendations as for modifications to be made to the attachment system and re-testing to be performed. All recommendations put forward in the report were heeded and the re-tests completed on time.

In order to secure the possibility of SKODA VPVR/M overpack and ISO-containers handling at Mayak, special equipment was designed and manufactured to assist with the receipt and unloading of the ISO-containers, including a set of supports, adapters, grippers and poles for handling of the cask components and the SFAs. Upgrades were implemented to the rail vehicle that is to be used for SKODA VPVR/M overpack transfers within the Mayak site. The bridge crane was re-fitted to include frequency controllers and a remote control station. Procedures for handling of the overpack were produced and personnel training performed.

During the testing of equipment and technology at the Mayak site, all operations were completed with the empty SKODA VPVR/M overpack. The exercise was a success, providing sufficient demonstration of both the work by Mayak personnel and of the technological process itself. The tests were supervised by a commission, which included members from Rostekhnadzor, the Russian regulatory authority.

CASK CERTIFICATION

The SKODA VPVR/M overpack was originally certified in the Czech Republic. In 2005, a certificate allowing transportation and storage of Russian-origin SFAs in the рах окружающей среды (до -40°С).

На втором этапе российские экспертные организации провели полный комплекс верификационных расчетов по обоснованию радиационной и ядерной безопасности, прочности и тепловых режимов и подготовили документацию, необходимую для демонстрации того, что конструкция ТУК SKODA VPVR/M отвечает требованиям международных стандартов TS-R-1 и российских правил НП-053-04 при нормальных условиях перевозки и возможных аварийных ситуациях.

Так как контейнер SKODA VPVR/M не проходил реальных испытаний в условиях возможной аварийной ситуации (падение с высоты 9 м, испытания на разрыв и пожар, погружение под воду), эксперты ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» дополнительно выполнили анализ ситуации с падением контейнера с высоты 12 м. Расчеты показали, что конструкция контейнера имеет достаточный запас прочности при динамических нагрузках, и что ТУК SKODA VPVR/M отвечает требованиям российских документов к упаковке, используемой для транспортирования делящихся материалов.

Российский сертификат на конструкцию упаковки SKODA VPVR/M №RUS/3065/B(U)F-96 был утвержден 23 января 2006 года.

Наименование параметра *Parameter*	**Тип транспортного упаковочного комплекта** *Transport overpack*	
	ТУК-19 / *TUK-19*	**SKODA VPVR/M**
Масса, т / *Mass, tonnes*	4,7	10,7
Вместимость (ОТВС типа ИРТ) *Capacity (IRT type SFAs)*	4	36
Материал корпуса *Container material*	Коррозионностойкая сталь аустенитного класса *Austenitic corrosion-resistant steel*	Сталь (литье) *Steel (casting)*
Материал демпфера *Damper material*	Шесть опор-амортизаторов и два амортизирующих кольца *Six shock-absorber mounts and two shock-absorber rings*	Древесина *Wood*
Материал чехла *Canister's material*	Коррозионностойкая сталь аустенитного класса *Austenitic corrosion-resistant steel*	Борированная сталь *Borated steel*
Среда внутри ТУК *Inner environment*	Воздух или инертный газ *Air or inert gas*	Инертный газ *Inert gas*
Система герметизации *Sealing system*	Эластомерные прокладки *Elastomeric sealing*	Металлические прокладки Helicoflex *Metal sealing*

Новый транспортный чехол для ТУК SKODA VPVR/M
New transfer basket for the SKODA VPVR/M overpack

SKODA VPVR/M cask was issued under the international identification code CZ/048/B(U)F-96 (Rev. 1).

Utilisation of foreign-made casks for spent fuel transport is not a standard practice in Russia. The safety regulations and administrative certification procedures in the Russian Federation are in some of their aspects different from similar foreign documents. Hence, the certification process of the SKODA VPVR/M overpack required particularly close attention.

The work was divided into two phases. During the first phase the Russian experts reviewed the documentation that had been used for the Czech certification process. It was concluded that additional safety justifications were needed for the SKODA VPVR/M overpack design to ensure that it is in line with the requirements of the Russian regulations – in particular, additional structural analysis was needed to justify that the construction will be sufficiently strong when subjected to an accident in low ambient temperatures (down to -40°C).

During the second phase, the Russian experts carried out a complete set of verification calculations to confirm validity of nuclear and radiation safety analyses, as well as structural and thermal calculations, and produced the necessary documentation to demonstrate that the design of the SKODA VPVR/M overpack satisfies the requirements of the international TS-R-1 standard and the Russian NP-053-04 code in normal conditions of transport and credible accidents.

As the SKODA VPVR/M cask had not been subjected to physical tests simulating a potential accident (drop from 9 metres, tensile strength test, fire engulfment test and water submersion), experts of the Research Institute of Experimental Physics (VNIIEF) also performed additional analysis of the cask 12 metres drop scenario. The calculations demonstrated that the cask possesses sufficient strength margin under such dynamic loads and that the SKODA VPVR/M overpack meets the requirements of Russian regulations to packages used for transportation of fissionable materials.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ И МОДИФИКАЦИИ

Первая перевозка с использованием ТУК SKODA VPVR/M состоялась в декабре 2007 года из чешского Института ядерных исследований в городе Ржеже транзитом через территорию Словакии и Украины.

На сегодняшний день выполнено уже восемь перевозок ОЯТ на ФГУП «ПО «Маяк» с использованием ТУК SKODA VPVR/M (см. таблицу). Для обоснования безопасности каждый раз оформлялся сертификат на перевозку с учетом характеристик, состояния и условий загрузки и транспортирования ОТВС.

Поскольку первоначальный сертификат на конструкцию упаковки действовал в течение трех лет, в конце 2008 – начале 2009 годов были выполнены работы по продлению его срока действия в России. В процессе подготовки соответствующей обосновывающей документации был проанализирован опыт использования контейнеров и внесены изменения в процедуры обращения с контейнером SKODA VPVR/M на ФГУП «ПО «Маяк».

При разработке технологии загрузки ОТВС сербского реактора RA в ТУК SKODA VPVR/M возникла необходимость в создании нового чехла. Чехол был разработан ООО НПФ «Сосны» и изготовлен на заводе ООО «ОЗНО» (город Озерск). Это решение позволило обеспечить вывоз всех 8030 ОТВС, хранящихся в институте «Винча» (Сербия), за один рейс. Кроме того, в помещении бассейнового хранилища сербского реактора отсутствовал мостовой кран достаточной грузоподъемности. В связи с этим для локального перемещения ТУК SKODA VPVR/M было предложено использовать вилочный погрузчик. Безопасность таких перемещений была всесторонне рассмотрена и подтверждена, благодаря чему обращение с ТУК SKODA VPVR/M на площадке сербского реактора прошло без инцидентов.

***

За время использования в программе RRRFR ТУК SKODA VPVR/M транспортировался автомобильным, железнодорожным, речным и морским видами транспорта. В процессе перевозок была доказана эффективность использования этого контейнера. Российскими специалистами предложено и внедрено несколько технических решений, направленных на повышение безопасности и обеспечение универсальности технологии обращения с контейнером.

Перемещение ТУК SKODA VPVR/M с помощью вилочного погрузчика
Movement of the SKODA VPVR/M overpack using a forklift

The Russian certificate for the SKODA VPVR/M package, ref. No. RUS/3065/B(U) F-96, was approved on the 23rd January 2006.

OPERATIONAL EXPERIENCE AND MODIFICATIONS

The first transport using the SKODA VPVR/M overpack took place in December 2007, when fuel from the Rez Nuclear Research Institute (Czech Republic) was shipped to Russia via Slovakia and Ukraine.

As of now, a total of eight shipments of spent fuel to Mayak using the SKODA VPVR/M overpack have been completed (see table below). For justification of safety, a special transport certificate was issued each time, taking into account the specific characteristics, status and loading and transport conditions of the specific SFAs to be transported.

As the original certificate for the overpack only covered a period of three years, in late 2008 – early 2009 work was performed to extent its period of validity in Russia. During the preparation of justifications for this extension, operational experience with the casks was analysed and changes made to its handling procedures at Mayak.

During the development of the loading technology for the Serbian RA reactor SFAs into the SKODA VPVR/M overpack, it became evident that a new basket was necessary. The basket was designed by the Sosny Science and Production Firm and fabricated by the OZNO plant in Ozersk, Russia. This decision helped assure that the full inventory of 8,030 SFAs at the Vinca reactor in Serbia could be repatriated in a single trip. Additionally, the pool storage room of the Serbian reactor installation did not have a bridge crane with sufficient lifting capacity. In connection with that, it was suggested to use a forklift in order to enable local movements of the SKODA VPVR/M overpack. Safety of such movements was carefully considered and confirmed, thanks to which the handling of the SKODA VPVR/M overpacks on the Serbian reactor site was successfully performed without any incidents.

***

Over the time that the SKODA VPVR/M overpack has been in use for the purposes of the RRRFR programme, it has performed spent fuel deliveries by automobile, rail, river and sea transport. The cask has proven its efficiency in actual field deployment operations. Russian specialists have suggested and introduced a number of technical solutions that allow further improving the cask's safety and ensuring extra versatility of the cask handling methodologies.