

УДК 621.039.74

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТА ТРАНСПОРТНО-УПАКОВОЧНОГО
КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ ОЯТ
DEVELOPMENT OF THE CONCEPT OF A TRANSPORT AND
PACKAGING CONTAINER FOR THE TRANSPORTATION OF SPENT
NUCLEAR FUEL

А.М. Стапура

Научный руководитель – И.А. Евсеенко, ассистент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

A. Stapura

Supervisor – I. Yevseyenko, Assistant
Belarusian national technical university, Minsk

Аннотация: Одна из проблем охраны окружающей среды – перевозка отработавшего ядерного топлива (ОЯТ). Непосредственно для транспортировки ОЯТ было создано множество моделей и видов транспортно-упаковочных контейнеров (ТУК) с самыми разными техническими решениями, материалами и габаритами. В данной работе были главным образом выделены перспективные материалы для изготовления составляющих корпуса ТУК, а также проведены приблизительные расчёты габаритов транспортного контейнера для дальнейшей разработки ТУК для перевозки ОЯТ.

Abstract: One of the problems of environmental protection is the transportation of spent nuclear fuel. Many models and types of transport and packaging kits with a variety of technical solutions, materials and dimensions have been created directly for the transportation of spent nuclear fuel. In this work, promising materials were mainly identified for the manufacture of components of the body of a transport and packaging container, as well as approximate calculations of the dimensions of a transport container for the further development of a transport and packaging container for the transportation of spent nuclear fuel.

Ключевые слова: ОЯТ, транспортировка, защита, высокопрочный чугун.

Keywords: SNF, transportation, protection, high-strength cast iron.

Введение

После завершения топливной кампании ОЯТ отправляется на захоронение или переработку [1]. Для перевозки ОЯТ были разработаны специализированные транспортные контейнеры. Их главной задачей является защита окружающей среды от остаточного ионизирующего излучения и тепловыделения ОЯТ. А главной задачей при разработке ТУК является не только обеспечение безопасности окружающей среды, но и максимальная экономически эффективная перевозка, то есть минимальные затраты на производство и эксплуатацию ТУК, что в первую очередь зависит от технологического способа изготовления ТУК и используемых для этого материалов.

Основная часть

Транспортный упаковочный комплект – это компоненты и устройства, которые необходимы для безопасной транспортировки ОЯТ. В состав ТУК могут входить следующие элементы:

- контейнер для размещения пеналов, чехлов, отработавших тепловыделяющих сборок (ОТВС) [2];
- система охлаждения;
- защитные приспособления от механических повреждений (демпферы).

Корпус контейнера является главной частью ТУК [3]. Существует несколько способов изготовления механической защиты:

- Изготовление корпуса из сварочно-кованых заготовок. Технология предусматривает отливку 4-х слитков и последующую их ковку и сваркой между собой на последнем этапе. Из недостатков данного способа изготовления ТК можно выделить: высокая трудоёмкость, долгий производственный цикл. Из достоинств можно выделить лишь относительно высокую прочность кованного металла;
- Изготовление цельнолитого корпуса. ТК отливается сифонным способом в кузнечную изложницу с формообразующей трубой с использованием структурообразующих внутренних холодильников, которые значительно улучшают химическую и физическую однородность. Из достоинств можно выделить сокращение многих технологических операций.

Для изготовления корпуса контейнера используются металлы и их сплавы. Из наиболее перспективных сплавов, таких как хромистая сталь, армированная квазимонолитная сталь, серый чугун, модифицированный чугун, чугун с пластинчатым, шаровидным графитом, последний имеет наилучшие прочностные характеристики.

Также корпус контейнера предполагает наличие защиты окружающей среды от нейтронного излучения ОЯТ. Для обеспечения такого рода защиты используют материалы на основе атомов лёгких ядер вследствие их способности к отражению или поглощению нейтронов, это может быть особо тяжёлый бетон, силиконовый каучук, полиэтилен, вода, парафин и прочие материалы.

Для разработки концепта корпуса ТУК для реактора ВВЭР были приняты следующие решения: механическая защита ТУК представлена цельнолитой цилиндрической основой из чугуна с шаровидным графитом, нейтронная защита окружающей среды выполнена внутренним слоем из особо тяжёлого бетона.

Вследствие анализа источников были получены данные о габаритах ОТВС и качественного состава ОЯТ. Были проведены расчёты остаточного ионизирующего излучения ОЯТ, внесены данные об источнике ионизирующего излучения и плотности материалов корпуса в программу MicroShield 5, где был произведён расчёт толщин нейтронной и механической защиты ТУК.

В результате расчётов была получена модель корпуса контейнера со следующими характеристиками: длина – 5,31 м, диаметр – 1,97 м, толщина нейтронной защиты стенок, днища и крышки – 20 см, толщина механической защиты стенок, днища и крышки – 15 см, масса нейтронной защиты – 20,5 т, масса механической защиты – 37,5 т, общая масса пустого корпуса – 58 т.

Заключение

Таким образом предложенный концепт корпуса сможет обеспечить безопасность окружающей среды посредством использования материалов, которые гарантируют целостность конструкции при любых, в том числе аварийных, ситуациях, защитят от остаточного ионизирующего излучения и долго прослужат для транспортировки ОЯТ. Данный корпус отвечает правилам безопасности перевозки радиоактивных материалов, соблюдает максимально допустимые габариты и имеет небольшую массу, по сравнению с другими моделями ТУК, что позволит осуществлять дешёвую и безопасную перевозку ОЯТ.

Литература

1. Отработавшее ядерное топливо АЭС / В.А. Брылева, Е.Ф. Войтецкая, Л.М. Нарейко. – Минск : ГНУ «ОИЭЯИ-Сосны», 2010. – № 7-8. – 8 с.
2. Тепловыделяющие сборки реакторов ВВЭР / В.А. Брылева, Е.Ф. Войтецкая, Л.М. Нарейко. – Минск : ГНУ «ОИЭЯИ-Сосны», 2011. – № 6-7. – 8 с.
3. Контейнеры для отработавшего ядерного топлива / В.А. Брылева, Е.Ф. Войтецкая, Л.М. Нарейко. – Минск : ГНУ «ОИЭЯИ-Сосны», 2016. – № 4. – 4 с.