

Шегельман Илья Романович

д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой

Васильев Алексей Сергеевич

канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет»

г. Петрозаводск, Республика Карелия

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИПА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДВУХЦЕЛЕВОГО КОНТЕЙНЕРА ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ И ХРАНЕНИЯ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

***Аннотация:** описаны особенности конструкции и принципа изготовления двухцелевого контейнера для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива с использованием высокопрочного чугуна с шаровидным графитом.*

***Ключевые слова:** атомная энергетика, высокопрочный чугун, двухцелевой контейнер, отработавшее ядерное топливо, транспортировка и хранение, шаровидный графит.*

В развитие идей в области создания транспортно-упаковочных контейнеров (ТУК) для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) с использованием высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ) авторами при участии А.Н. Капилевича и Д.М. Богданова предложен вариант перспективного двухцелевого ТУК для ОЯТ

Корпус двухцелевого ТУК для ОЯТ выполняют литым с использованием ВЧШГ. Чехол ТУК для размещения тепловыделяющих сборок с ОЯТ устанавливают внутрь литого корпуса. В стенку корпуса влит нейтронно-защитный барьер из материала с температурой плавления выше температуры плавления материала литого корпуса, коэффициентом теплопроводности большим, чем у материала литого корпуса и меньшей плотностью, чем у материала литого корпуса, обладающего способностью к замедлению и поглощению нейтронов.

Нейтронно-защитный барьер выполняют из блоков, образующих сплошную стенку, препятствующую свободному пролету нейтронов в радиальных направ-

лениях. При этом нейтронно-защитный барьер из блоков формируют таким образом, чтобы обеспечить при изготовлении литого корпуса перемычки из материала корпуса в донной его части. Благодаря тому, что нейтронно-защитный барьер установлен не по всей длине литого корпуса, обеспечивается целостность и прочность литого корпуса за счет его монолитности в верхней части. Наличие перемычек металла на уровне донной части отливки корпуса обеспечивает прочность литого корпуса ТУК для ОЯТ в его донной части.

В нейтронно-защитном барьере выполнены продольные каналы. Продольные каналы в нейтронно-защитном барьере могут быть выполнены, например, путем механической обработки посредством сверления. Другой способ выполнения продольных каналов заключается в установке в нейтронно-защитный барьер металлических труб на этапе его формирования при подготовке литейной формы. Продольные каналы заполнены материалом, характеризующимся меньшей длиной свободного пробега быстрых нейтронов, чем материал нейтронно-защитного барьера. Это позволит усилить эффективность нейтронной защиты литого корпуса двухцелевого контейнера для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива.

В литой корпус двухцелевого ТУК по прессовой посадке устанавливают чехол или устанавливают чехол по посадке, обеспечивающей плотное примыкание сопряженных поверхностей в результате теплового расширения материала при загрузке в контейнер тепловыделяющих сборок с отработавшим ядерным топливом. С наружной стороны на дно контейнера устанавливают крышку, под которую предварительно помещают нейтронно-защитный материал. В каналах чехла устанавливают тепловыделяющие сборки, контейнер закрывают внутренней и наружной крышками, образующими два барьера герметичности, между крышками размещают нейтронно-защитный материал.

Во время эксплуатации двухцелевого ТУК тепло, излучаемое тепловыделяющими сборками, передается на контактирующую с чехлом поверхность корпуса контейнера и через нейтронно-защитный барьер к наружной поверхности корпуса и далее отводится в окружающую среду. При этом испускаемое тепло-

выделяющими сборками радиационное излучение, состоящее из гамма излучения задерживается объемом ВЧШГ, а нейтронное излучение задерживается нейтронно-защитным барьером в котором выполнены продольные каналы, заполняемые материалом, характеризующимся меньшей длиной свободного пробега быстрых нейтронов, чем материал нейтронно-защитного барьера.

Нейтронно-защитный барьер может быть выполнен из блоков, плотно уложенных друг по отношению к другу и образующих сплошную стенку.

Изготовление можно вести следующим образом. Собирают литейную форму. В литейную форму в качестве стержней литейной формы устанавливают блоки, например, из графита с поглотителем нейтронов, устанавливая их таким образом, чтобы сформировать сплошную стенку. Одним концом блоки выходят за пределы отливки корпуса и проходят через отверстия в крышке. Их фиксируют на нужном по высоте уровне. На верхний кокиль сверху устанавливают крышку формы с закреплёнными на ней блоками. Литейную форму через литниковую систему заполняют расплавом металла, например, высокопрочного чугуна с шаровидным графитом. По мере остывания расплава металла нейтронно-защитный барьер, образуемый блоками, оказывается влитыми в отливку корпуса. Материал блоков нейтронно-защитного барьера образует сплошную стенку не по всей высоте отливки, а лишь на уровне соответствующем посадочной поверхности под чехол, благодаря чему в верхней части отливки корпуса обеспечивается ее целостность и прочность. В донной части отливки корпуса прочность обеспечивается благодаря наличию перемычек.

В описанной конструкции обеспечивается повышение степени нейтронной защиты при сохранении наружных габаритных размеров корпуса контейнера, регламентируемого требованиями к размерам мест загрузки контейнеров на АЭС российского дизайна. Улучшение защиты от нейтронного излучения обеспечивается за счет того, что в стенку литого корпуса влит образующий сплошную стенку нейтронно-защитный барьер из материала, обладающего способностью к замедлению и поглощению нейтронов. Благодаря тому, что нейтронно-защитный барьер выполнен из материала, обладающего способностью к замедлению и

поглощению нейтронов, продольные каналы в корпусе размещаются в один ряд, а не в два как это у прототипа, при этом исключается «прямой» прострел нейтронов через перемычки между продольными каналами. Данное обстоятельство способствует повышению нейтронной защиты контейнера без увеличения наружных габаритных размеров корпуса контейнера, толщины стенки по сравнению с прототипом. Кроме того, улучшается отвод тепла от внутренней поверхности корпуса к его наружной поверхности через перемычки между продольными каналами, уменьшается объем, а, следовательно, и масса жидкого чугуна для изготовления отливки корпуса.

Температура плавления материала, из которого выполнен нейтронно-защитный барьер выше температуры плавления материала корпуса гарантирует то, что при изготовлении отливки корпуса двухцелевого контейнера для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива не произойдет расплавление материала, из которого изготовлен нейтронно-защитный барьер. Меньшая плотность материала нейтронно-защитного барьера по сравнению с плотностью материала корпуса способствует повышению технологичности его изготовления за счет упрощения операции механической обработки – изготовления продольных каналов путем глубокого сверления. Наличие продольных каналов в нейтронно-защитном барьере, заполненных материалом, характеризующимся меньшей длиной свободного пробега быстрых нейтронов, чем материал нейтронно-защитного барьера способствует усилению эффективности защиты от нейтронного излучения. В качестве такого материала может быть использован водородсодержащий материал – полиэтилен.

Наибольшей эффективностью предлагаемая конструкция двухцелевого ТУК будет обладать при использовании корпуса контейнера в сочетании с несъемным по отношению к контейнеру чехлом.