

ТРАНСПОРТНЫЙ УПАКОВОЧНЫЙ КОМПЛЕКТ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ЖИДКОГО ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

С. Ф. Долбищев, А. В. Бондарев, Е. В. Чесноков

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Введение

В ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» на базе усовершенствованного растворного ядерного реактора «Аргус-М» разрабатывается комплекс для получения медицинского радиоактивного изотопа молибден-99. Из всех продуктов ядерной медицины изотоп молибден-99 является наиболее востребованным, поскольку занимает около 80 % данного рынка услуг.

Молибден-99 используется для производства генераторов технеция-99 – основного диагностического радионуклида современной ядерной медицины. С помощью технеция-99 методом однофотонной эмиссионной компьютерной томографии в настоящее время диагностируется большое количество онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний.

Несмотря на то, что в России и за рубежом действуют растворные реакторы, работающие на жидком отработавшем ядерном топливе (ОЯТ), технологий и контейнеров для транспортирования жидкого ОЯТ практически нет. Единственным аналогом является контейнер, разработанный ООО НПФ «Сосна», который был использован для перевозки жидкого ОЯТ из Узбекистана в Россию. При этом перевозимое топливо имело низкую активность.

В процессе работы комплекса образуется несколько видов радиоактивных отходов: твердые, газообразные и жидкие. Объем жидкого ОЯТ составляет 30 л.

Несмотря на то, что топливо в реакторе подлежит замене каждые 10 лет, ТУК для его хранения и транспортирования должен быть разработан и изготовлен еще до запуска комплекса.

Основная часть

Проанализировав требования технического задания, были определены основные конструктивные особенности транспортного упаковочного комплекта (ТУК-164):

– внутренняя полость корпуса демпфирующего должна быть рассчитана на размещение одного контейнера;

– ТУК должен быть оснащен твердой биологической защитой от фотонного и нейтронного излучения;

– материал наружных поверхностей корпуса контейнера – коррозионностойкая сталь;

– конструкция контейнера должна обеспечивать возможность подъема и переноса в вертикальном положении;

– конструкция ТУК при его перевозке железнодорожным транспортом, должна удовлетворять условиям прочности и жесткости.

В рамках работы по проекту «Аргус-М» был разработан ТУК-164 предназначенный для безопасной перевозки и временного хранения жидкого ОЯТ с соблюдением требований [1–4].

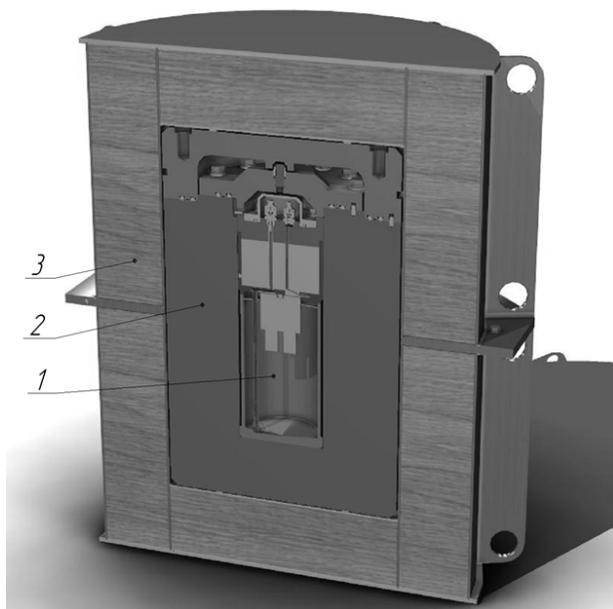


Рис. 1. Транспортный упаковочный комплект ТУК-164:
1 – пенал; 2 – контейнер; 3 – корпус демпфирующий

Конструкция ТУК-164 (рис. 1) обеспечивает:

- загрузку жидкого ОЯТ из корпуса реактора;
- перевозку жидкого ОЯТ железнодорожным, автомобильным, морским и речным транспортом;
- защиту радиоактивного содержимого от внешних воздействий в нормальных и аварийных условиях транспортирования и хранения;
- временное технологическое хранение жидкого ОЯТ (до 1 года);

- радиационную безопасность обслуживающего персонала, населения и окружающей среды;
- исключение выхода радиоактивного содержимого в окружающую среду выше установленных пределов согласно правилам [1, 4];
- ядерную безопасность при нормальной эксплуатации и в аварийных ситуациях.

ТУК-164, в соответствии с рис. 1, состоит из корпуса демпфирующего, контейнера и пенала.

Корпус демпфирующий состоит из двух половин, скрепляемых между собой крепежными элементами. Внутренняя полость корпуса заполнена деревом, пропитанным специальным составом, повышающим антисептическую и противопожарную стойкость. Так же для повышения противопожарной стойкости поверхность дерева обклеена тканью МБОР. К наружной цилиндрической поверхности приварены восемь ребер.

Контейнер предназначен для размещения в нем пенала с жидким ОЯТ.

Контейнер защитный состоит из корпуса 1, крышки наружной 2 и крышки внутренней 3 (рис. 2).

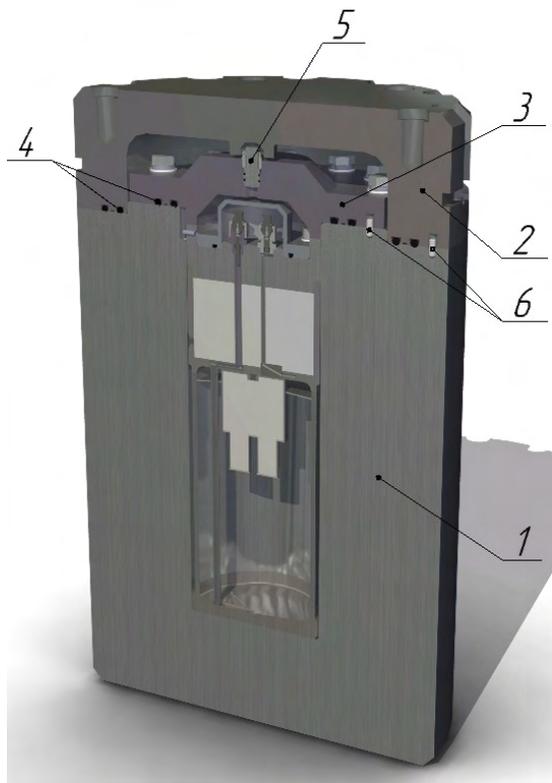


Рис. 2. Контейнер: 1 – корпус; 2 – крышка наружная; 3 – крышка внутренняя; 4 – уплотнительные кольца; 5 – заглушка; 6 – штифты

Корпус представляет собой массивный стакан, выполненный из нержавеющей стали. Помимо защиты от механических повреждений пенала массивная стальная оболочка также обеспечивает радиационную защиту.

В верхней части контейнера устанавливаются наружная 2 и внутренняя крышки 3. В каждой

крышке имеются по два кольцевых паза, имеющих форму «ласточкиного хвоста». Для проверки на герметичность уплотнительных колец 4, без вскрытия контейнера, в корпусе контейнера предусмотрено два канала. Внутренняя крышка имеет отверстие для проверки полости контейнера на герметичность. После проверки на герметичность в отверстие устанавливается заглушка 5.

Пенал (рис. 3) представляет собой сосуд, состоящий из дна 1, цилиндрической обечайки 2 и массивного колпака 3. В верхней части пенала устанавливается защитная крышка 4, защищающая топливный 5 и газовый 6 штуцеры. Штуцеры снабжены герметизирующими пробками 7.

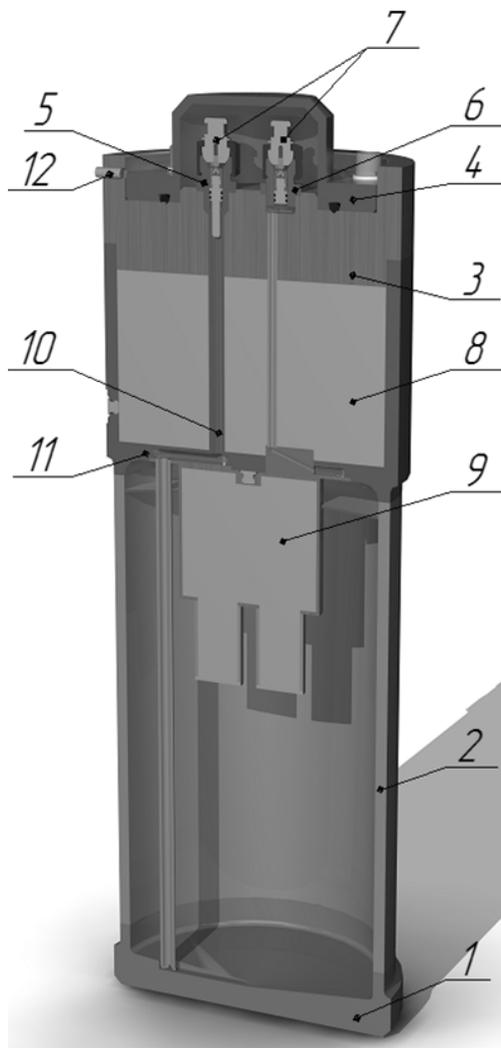


Рис. 3. Пенал: 1 – дно; 2 – обечайка; 3 – колпак; 4 – защитная крышка; 5 – штуцер топливный; 6 – штуцер газовый; 7 – пробка; 8 – защита; 9 – защита; 10 – канал; 11 – переборка; 12 – штифт

Для уменьшения уровня гамма излучения на наружной торцевой поверхности горловины, до безопасного уровня в верхнюю часть корпуса закладывается защита 8, выполненная из свинца марки С1. Кроме того, в верхней части внутренней полости

пенала установлена дополнительная радиационная защита 9, расположенная напротив каналов штуцера топливного и штуцера газового.

Канал подвода и отвода ОЯТ 10 выполнен составным, при этом оси трубок смещены и каналы трубок сообщаются друг с другом через имеющийся канал в переборке 11. Патрубок газовый в нижней части колпака пенала имеет переходник с угловым каналом, входящего в имеющуюся полость переборки 11 и закрытого перфорированной крышкой со стороны нижней части корпуса, предотвращающей попадание жидкого ОЯТ в патрубок газовый.

Объем внутренней полости пенала составляет 6,3 дм³.

Использование ТУК-164 по назначению осуществляется следующим образом:

- устанавливают ТУК-164 на ровную поверхность и снимают верхнюю часть;
- закручивают в наружную крышку контейнера два рым-болта и транспортируют его в помещение для загрузки жидким ОЯТ;
- установив контейнер, снимают наружную и внутреннюю крышки контейнера, защитную крышку пенала и пробки штуцеров топливного и газового;
- подсоединяют к штуцеру газовому трубопровод системы вакуумирования, к штуцеру топливному трубопровод системы подачи жидкого ОЯТ;
- обслуживающий персонал покидает помещение;
- дистанционно включают систему вакуумирования и создают в полости пенала разряжение;
- дистанционно включают систему подачи жидкого ОЯТ;
- после заполнения пенала жидким ОЯТ для дезактивации трубопровода подачи жидкого ОЯТ подают дезактивирующий раствор. От штуцера газового отсоединяют трубопровод для вакуумирования и устанавливают на него герметизирующую пробку. Затем от штуцера топливного отсоединяют трубопровод подачи жидкого ОЯТ и устанавливают на него герметизирующую пробку;
- устанавливают защитную крышку пенала, внутреннюю и наружную крышку контейнера, и пломбируют крепежные элементы;
- транспортируют и устанавливают контейнер в полость корпуса демпфирующего;

– соединяют две половины корпуса демпфирующего крепежными элементами и пломбируют.

Заключение

По результатам выполненной работы разработано РКД на ТУК-164. Проведены прочностные, радиационно-ядерные, тепловой расчеты и расчет утечек радиоактивного содержимого, которые показали, что конструкция пенала в составе транспортного упаковочного комплекта обеспечивает:

- загрузку жидкого ОЯТ поступающего из комплекса временного хранения;
- транспортирование ТУК с пеналом, содержащим жидкое ОЯТ автомобильным, железнодорожным и водным транспортом;
- защиту радиоактивного содержимого от внешних механических, термических и других воздействий в обычных и нормальных условиях транспортирования и хранения;
- радиационную безопасность обслуживающего персонала, населения и окружающей среды;
- ядерную и радиационную безопасность при нормальной эксплуатации, нарушениях нормальной эксплуатации, включая аварии.

Поданы ряд заявок на выдачу патента РФ на изобретения. В ближайшее время в рамках проекта «Аргус-М» будет изготовлен опытно-промышленный образец, будут проведены приемочные испытания, технологические «холодные» испытания на исследовательской ядерной установке и получен сертификат-разрешение на конструкцию упаковки.

Литература

1. НП-053-16. Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов.
2. НП-061-05. Правила безопасности при хранении и транспортировании ядерного топлива на объектах использования атомной энергии.
3. НП-030-12. Основные правила учета и контроля ядерных материалов.
4. МАГАТЭ, № SSR-6. Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов, 2012.