МИНИСТЕРСТВО ЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Республиканское государственное предприятие на праве хозяйственного ведения
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»
Филиал «Институт атомной энергии»
(Филиал ИАЭ РГП НЯЦ РК)

УДК 621.039:621.798

Давыденко Диана Ильинична

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ СТЕНДОВОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТРАНСПОРТНО-УПАКОВОЧНЫХ КОМПЛЕКТОВ В РК

Работа, представленная на конференцию-конкурс НИОКР
молодых ученых и специалистов
Национального ядерного центра Республики Казахстан

(прикладные исследования)

Руководитель: Коровиков А.Г.
главный инженер,
PhD
Филиал ИАЭ РГП НЯЦ РК

г. Курчатов, 2020 г.

АВТОР

Давыденко Диана Ильинична

инженер отдела ядерной безопасности и развития атомной энергетики
Филиала «Институт атомной энергии» РГП «НЯЦ РК»,
1998 года рождения,
образование высшее (окончила ГУ имени Шакарима в 2019 году),
специальность – «Техническая физика»,
квалификация по диплому – специалист,
работает в Филиале «ИАЭ» РГП «НЯЦ РК» с 2019 г.,
общий стаж работы – 7 месяцев.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

И.о. начальника отдела ядерной безопасности и развития атомной энергетики _____ 10.04.2020 В.А. Поспелов
подпись, дата

Инженер отдела ядерной безопасности и развития атомной энергетики _____ 10.04.2020 Д.А. Харченко
подпись, дата

ДАВЫДЕНКО Д.И.

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ СТЕНДОВОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ТРАНСПОРТНО-УПАКОВОЧНЫХ КОМПЛЕКТОВ В РК

Работа, представляемая на конференцию-конкурс НИОКР молодых ученых и специалистов Национального ядерного центра Республики Казахстан от Филиала «ИАЭ» РГП «НЯЦ РК»

071100, г. Курчатов, ул. Красноармейская, 10,
тел. (7-722-51) 3-31-25, 44-88 (вн.)
факс (7-722-51) 3-31-25
e-mail: davydenko@nnc.kz

РЕФЕРАТ

Конкурсная работа содержит 26 страниц, 13 рисунков, 3 таблицы, 9 источников, 1 приложение.

ТУК, СЕРТИФИКАТ-РАЗРЕШЕНИЕ, СТЕНДОВЫЙ КОМПЛЕКС, ЯДЕРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, РАДИОАКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА, ИСПЫТАНИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ

Объектом исследования является нормативно-правовая база и практики проведения испытаний ТУК, методическое и аппаратурное оснащение испытательных стендов, материально-техническая база РГП НЯЦ РК.

Цель работы: проведение анализа потребности и перспективы создания стендового комплекса по испытанию и сертификации ТУК, для дальнейшей разработки рекомендаций по его созданию на базе РГП НЯЦ РК.

Задачи исследований:

- анализ законодательной и нормативно-правовой базы РК, а также рекомендации МАГАТЭ в области транспортировки РВ (РАО, ЯМ и РМ);
- обзор ТУК, эксплуатируемых в РК;
- обзор мировой практики проведения испытаний ТУК и оснащения испытательных центров и лабораторий;
- оценка возможности создания стендового комплекса по испытанию натурных образцов ТУК на базе РГП НЯЦ РК.

Методика исследования: заключается в анализе материалов по тематике работы, анализе законодательства РК в рассматриваемой области, а также в изучении материально-технической базы РГП НЯЦ РК.

Результаты работ: установлен перечень ТУК, используемых в РК, на основании которого определено оборудование, устройства, необходимые для оснащения стендового комплекса по испытанию ТУК.

Актуальность: В связи с отсутствием в РК организации, осуществляющей испытания ТУК в процессе выполнения работ, связанных с обращением с ИИИ, РАО, ОЯТ и ЯМ, предприятия Казахстана испытывают трудности в отношении получения разрешений на использование ТУК различного назначения. На сегодняшний день данная задача решается одним из следующих способов:

- сертификаты-разрешения на конструкции ТУК оформляются за рубежом и после их получения на территории страны, выдавшей сертификат, производится распространение действия сертификатов-разрешений на территорию РК;
- освобождение ТУК от предъявляемых требований нормативно-правовых актов. Данное решение не всегда применимо, так как ограничивает количество перевозимого материала (например, масса делящегося материала в одном ТУК не более 400 грамм, при условии, если каждая отдельная упаковка в ТУК содержит не более 15 грамм делящегося ЯМ) и применима не ко всем перевозимым материалам.

Создание стендового комплекса испытаний ТУК в Казахстане решит проблему в утверждении упаковок отечественного производства, освободив от необходимости в зарубежной помощи сертификации ТУК, а также даст возможность в создании новых ТУК.

Научная новизна: полученные в результате анализа данные могут стать исходными данными для проектно-сметной документации стендового комплекса для испытаний транспортно-упаковочных комплектов на базе РГП НЯЦ РК.

Практическая ценность: заключается в том, что в настоящее время существует потребность в создании стендового комплекса по испытанию и сертификации ТУК на территории РК. Это позволит создать условия по замыканию процесса производства ТУК в Казахстане и создаст конкуренцию на рынке данных услуг в мире.

Личный вклад автора: изучение научной-технической и нормативной документации, анализ и систематизация зарубежного опыта, обработка и анализ полученных данных, разработка предложений по созданию стендового комплекса.

Степень завершенности: работа находиться на завершающем этапе, идет доработка и комплектация материалом для написания и оформления магистерской диссертации.

Уровень конкурентоспособности: получение патентов не предполагается.

Публикации: 1 Проблемы сертификации транспортных упаковочных комплектов казахстанского производства и пути их решения / Д.И. Давыденко, А.Г. Коровиков, П.Г. Коровиков, В.А. Поспелов // Сборник материалов международной образовательной блендинг-конференции «Образование – фундамент евроазиатского сотрудничества»,31 октября, 2019, Семей, Казахстан.-2019. – С. 44-46.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

АО «УМЗ» – акционерное общество «Ульбинский металлургический завод»;
ГСМ – горюче-смазочные материалы;
ЗДК – защитно-демпфирующий кожух;
ИИИ – источник ионизирующего излучения;
ИЯФ – Институт ядерной физики;
КД – конструкторская документация;
КИР – комплекс исследовательских ректоров;
МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии;
МБК – металлобетонный контейнер;
НУА – низкая удельная активность;
НЯЦ – Национальный ядерный центр;
ОПБ – основные правила безопасности;
ОПРЗ – объект с поверхностным радиоактивным загрязнением;
ОТВС – отработавшая тепловыделяющая сборка
ОЯТ – отработавшее ядерное топливо;
РАО – радиоактивные отходы;
РВ – радиоактивные вещества;
РК – Республика Казахстан;
РФ – Российская Федерация;
СГКК – специализированный грузовой крупнотоннажный контейнер;
США – Соединенные Штаты Америки;
ТУК – транспортный упаковочный комплект;
УКХ – упаковочный комплект для хранения;
ЯМ – ядерные материалы;
RRRFR – Russian Research Reactor Return Program (Программа по ввозу в РФ ядерного топлива исследовательских реакторов, произведенного в РФ).

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ 7
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ 7
1 Законодательная и нормативно правовая база в области транспортировки радиоактивных веществ 7
2 Мировой опыт проведения испытаний ТУК 8
3 Оценена возможности создания стендового комплекса по испытанию ТУК 10
3.1 Типы контейнеров, находящихся в эксплуатации в РК 10
3.2 Характеристики и их классификация 10
3.2.1 ТУК-39М1 10
3.2.2 ТУК-123 11
3.2.3 ТУК-19 12
3.2.4 ТУК-115 13
3.3 Испытания ТУК 14
3.3.1 Испытание на обрызгивание водой 14
3.3.2 Испытания на удар при свободном падении 15
3.3.3 Испытание на штабелирование 16
3.3.4 Испытания на глубину разрушения 17
3.3.5 Испытание на механическое повреждение 18
3.3.6 Тепловое испытание 20
3.3.7 Испытание на погружение в воду (внешнее избыточное давление) 21
3.3.8 Испытание на столкновение 22
3.3.9. Гидравлическое испытание 22
3.3.10 Стендовый комплекс 23
ЗАКЛЮЧЕНИЕ 24
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 24
ПРИЛОЖЕНИЕ А Список публикаций по теме 26

ВВЕДЕНИЕ

Республика Казахстан (РК) активно использует и развивает атомную промышленность, науку и технологии. Так, в Казахстане имеется развитая урановая промышленность, представляющая собой практически полный цикл производства ядерного топлива – от добычи урана (первое место в мире) до производства топливных таблеток. В связи с этим возникает потребность перемещения и транспортировки радиоактивных веществ (РВ) и радиоактивных отходов (РАО).

В соответствии с законодательством РК транспортировка ядерных материалов (ЯМ), РВ и РАО осуществляется в транспортных упаковочных комплектах (ТУК), конструкция которых утверждается уполномоченным органом или распространено действие сертификатов-разрешений на них, утвержденных уполномоченными органами других стран, на территорию РК. На сегодняшний день в связи с отсутствием в стране базы для проведения сертификации ТУК, вопрос решался по второму пути – распространением действий сертификатов-разрешений других стран.

При наличии собственной базы испытаний ТУК, Казахстан освободится от необходимости в зарубежной помощи по сертификации ТУК. Стендовый комплекс (лаборатория) позволит создать условия по замыканию процесса производства ТУК в Казахстане и создаст конкуренцию на рынке данных услуг в мире.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1 ЗАКОНОДАТЕЛЬНАЯ И НОРМАТИВНО ПРАВОВАЯ БАЗА В ОБЛАСТИ ТРАНСПОРТИРОВКИ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Обращение с объектами использования атомной отрасли (ИИИ, РАО и ОЯТ, ЯМ и другие) сопряжено с риском для жизни и здоровья людей, их имущества и окружающей среды. Поэтому, в Республике разработана и внедрена многоуровневая система законодательных и нормативно-правовых актов, регулирующая отношения, возникающие в области ядерной, радиационной и ядерной физической безопасности. Кроме того, Казахстан является активным членом мирового сообщества в деле мирного использования атомной энергетики, вследствие чего в стране ратифицирован ряд международных договоров в области обеспечения безопасности (конвенция «О ядерной безопасности», «О помощи в случае ядерной аварии или радиационной аварийной ситуации», «О безопасности обращения с отработавшим топливом и о безопасности обращения с радиоактивными отходами» и другие).

Согласно закона РК «Об использовании атомной энергии» транспортировка ЯМ, РВ и РАО осуществляется в ТУК, конструкция которых утверждается уполномоченным органом с указанием кода и типа упаковки, разрешенных к перевозке ЯМ, РВ и РАО, условий перевозки, номера и даты регистрации, срока их действия [1]. Для утверждения конструкции ТУК необходимо предоставить перечень документов, среди которых есть акт о проведенных испытаниях и их результатах [2].

При этом под транспортировкой подразумеваются все операции и условия, которые связаны с изготовлением и обслуживанием ТУК, а также с подготовкой, загрузкой и отправкой, включая транзитное хранение, разгрузкой и приемкой в конечном пункте назначения грузов.

Транспортировка ЯМ, РВ и РАО осуществляется при наличии лицензии на соответствующий вид деятельности в сфере использования атомной энергии. Наименование лицензий, видов и подвидов деятельности, для осуществления которых требуется наличие лицензий, приведены в законе РК «О разрешениях и уведомлениях» [3].

«Правила транспортировки ядерных материалов» определяют порядок транспортировки ЯМ и распространяются на транспортировку ЯМ всеми видами транспорта наземными, воздушными и водными путями и действуют на всей территории РК [4].

ТУК изготавливаются из материалов, обеспечивающих биологическую защиту от ионизирующих излучений и механическую прочность в зависимости от типа упаковок с находящимся в них радиоактивным содержимым.

ТУК с находящимся в них радиоактивным содержимым классифицируются на следующие типы:

1) освобожденная упаковка - ТУК, содержащий ЯМ с активностью, не превышающей значений пределов активности для освобожденных упаковок;

2) промышленная упаковка типа 1 (ПУ-1) - ТУК, содержащий материал НУА-I или ОПРЗ-I;

3) промышленная упаковка типа 2 (ПУ-2) - ТУК, содержащий некоторые виды материалов НУА-I, НУА-II, НУА-III или ОПРЗ-II;

4) промышленная упаковка типа 3 (ПУ-3) - упаковочный комплект, содержащий некоторые виды материалов НУА-II или НУА-III;

5) упаковка типа А - упаковочный комплект, содержащий ЯМ с активностью до A_2 - значения активности ЯМ, которое используется для определения пределов активности;

6) упаковка типа В - упаковочный комплект, содержащий ЯМ с активностью, превышающей значения A_2 основных значений для радионуклидов;

7) упаковка типа С - упаковочный комплект, содержащий ЯМ с активностью, более $3000A_2$.

В зависимости от конструкции упаковки должны выполнятся требования к количеству и параметрам загружаемых ЯМ.

Утверждению или распространению действия сертификатов-разрешений подлежат:

1) сертификат (сертификат–разрешение) на конструкцию упаковок типа А;

2) сертификат (сертификат–разрешение) на конструкцию упаковок типа В(U) и типа В(М);

3) сертификат (сертификат–разрешение) на конструкцию упаковок типа С;

4) сертификат (сертификат–разрешение) на перевозку упаковок типов С, В(U), В(М), А;

5) сертификат (сертификат–разрешение) на перевозку упаковок типов ПУ-2 и ПУ-3;

6) сертификат (сертификат–разрешение) на перевозку в специальных условиях.

Соответствие ТУК и упаковок требованиям, подтверждаться проведением испытаний. Проведение испытаний на образцах, представляющих материал НУА-III, либо на прототипах или моделях упаковочных комплектов, когда содержимое образца или упаковочного комплекта для испытаний как можно более точно имитирует ожидаемый диапазон характеристик радиоактивного содержимого, а испытываемый образец или упаковочный комплект подготовлены в том виде, в каком они представляются к транспортировке. При применении масштабных моделей учитывается необходимость корректировки определенных параметров испытаний, таких, как диаметр пробойника или нагрузка сжатия.

Для проверки способности упаковки выдерживать нормальные условия перевозки проводятся испытания на удар при свободном падении, на штабелирование и на глубину разрушения. Каждому из этих испытаний должно предшествовать испытание на обрызгивание водой. Для проверки способности упаковок выдерживать аварийные условия перевозки проводятся испытания на механическое повреждение, на погружение в воду и тепловое испытание. Также для различных типов упаковок проводятся дополнительные испытания.

Рекомендации МАГАТЭ, устанавливающие нормы безопасности, которые обеспечивают приемлемый уровень контроля за радиационной опасностью, а также за связанной с критичностью и тепловыделением опасностью для персонала, имущества и окружающей среды при перевозке радиоактивного материала, изложены в «Правилах безопасной перевозки радиоактивных материалов» [5]. Данные правила применяются к перевозке радиоактивного материала всеми видами наземного, водного или воздушного транспорта, включая перевозку, связанную с использованием радиоактивного материала. В правилах содержаться требования, предъявляемые к радиоактивным материалам, упаковочным комплектам и упаковкам; требования, предъявляемым к испытаниям; а также требования в отношении утверждения и административного контроля.

2 МИРОВОЙ ОПЫТ ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ ТУК

Исходя из мировой практики в качестве методов проверки ТУК разрешается применять различные виды моделирующих испытаний и расчетные методы оценки характеристик упаковок, а

также комбинации экспериментальных и расчетных методов при условии, что не вызывает сомнений надежность и консервативность расчетных методов.

Проверки способности ТУК выдерживать нормальные условия эксплуатации включают в себя испытания на обрызгивание водой, испытания на удар при свободном падении, испытания на штабелирование и на глубину разрушения.

Проверка способности ТУК выдерживать аварийные условия обращения осуществляется в процессе испытаний, представляющих сумму воздействий, моделирующих нормальные условия эксплуатации, и последующих испытаний в предельных аварийных условиях (механическое повреждение при падении на мишень при условии максимально возможного воздействия со стороны мишени; динамическое раздавливание, столкновение; прокол; тепловое испытание в очаге горения; погружение в воду).

Проверка соответствия ТУК требованиям конструкторской документации осуществляется в результате следующих видов испытаний:

- предварительные;
- приемочные;
- квалификационные;
- периодические;
- приемосдаточные;
- эксплуатационные;
- типовые.

Предварительным и приемочным испытаниям обычно подвергают опытный или головной образец, квалификационные испытания проводят на этапе освоения производства, а периодические, приемосдаточные, эксплуатационные и типовые испытания проводят на серийных образцах.

В общем случае, объем любого вида испытаний устанавливается в соответствующих технических заданиях и окончательно определяется в программах и методиках, разрабатываемых предприятием-разработчиком ТУК.

При этом испытания могут включать в себя:

- проверку на соответствие конструкторской документации (КД);
- испытание строповых устройств (проверка обеспечение работоспособности строповых устройств при превышении массы груза на 25% относительно номинальной массы с удержанием груза на весу в течение10 мин.);
- испытание на проверку прочности (испытание внутренним давлением гидравлическим методом при заполнении контейнера водой при удержании давления испытания в течение 30 мин.);
- испытание на проверку герметичности (путем погружения в воду на 15 мин. при одновременном создании повышенного давления в полости ТУК в соответствии с предписаниями КД, или с применением течеискателей методами галоидного или гелиевого шупа);
- испытание-проверка собираемости (снимаемость крышек; извлекаемость чехлов, пеналов и иных выемных частей ТУК; проходимость изделий при загрузке).
- технологические испытания в составе транспортного средства с проверкой функционирования оборудования, предназначенного для загрузки ТУК радиоактивным материалом;
- теплофизические испытания (проведение теплофизических и дозиметрических измерений при загрузке ТУК реальными радиоактивными материалами, для перевозки которых он предназначен).

Для организации и проведения испытаний предприятие, осуществляющее испытания, должно располагать аттестованным испытательным оборудованием, поверенными средствами измерения и контроля, а также аттестованными сертифицированными расчетными программами, используемыми для оценки параметров, которые не могут быть получены в результате прямых измерений.

Безусловными при проведении испытаний являются выполнение требований безопасности и привлечения к работам по проведению испытаний обученного и соответствующим образом проинструктированного персонала, прошедшего стандартную процедуру допуска.

3 ОЦЕНЕНА ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ СТЕНДОВОГО КОМПЛЕКСА ПО ИСПЫТАНИЮ ТУК

3.1 Типы контейнеров, находящихся в эксплуатации в РК

В таблице 1 представлен перечень ТУК Комитета атомного и энергетического надзора и контроля Министерства энергетики РК, для которых было распространено действие сертификатов-разрешений на территории Казахстана в период с 2015-2019 гг.

Таблица 1 – Перечень ТУК, распространённых и эксплуатируемых на территории РК

№	Обозначение ТУК	Количество распространённых действий сертификатов разрешений на территории РК	Страна производитель
1	ТУК-115	4	РФ
2	ТУК-39М1	3	РК
3	UX-30	2	США
4	ТУК-39М1-1	2	РК
5	УКТІВ-180-1 (Рокус)	2	РФ
6	ТК-С15	2	РФ
7	TNF-XI	2	Франция
8	ТУК-115/1	2	РФ
9	NPC	1	США
10	ТУК-95В	1	РФ
11	BU-D	1	
12	ТУК-19	1	РФ
13	УКТ-Д-11	1	РФ
14	УКТІВ-5М	1	РФ
15	УКТІВ-5	1	РФ
16	SAFSHIELD	1	
17	ТУК-123	1	РФ

3.2 Характеристики и их классификация

В данном разделе приведено описание ТУК, эксплуатируемые в НЯЦ РК, а также на других предприятиях РК.

3.2.1 ТУК-39М1

ТУК-39М1, изображенный на рисунке 1, предназначен для безопасной перевозки делящихся материалов в виде топливных таблеток, изготовленных из диоксида урана с обогащением по урану-235 не более 5 %, полученного из природного или регенерируемого урана. ТУК-39М1, загруженный продуктом, относится к упаковкам типа А для делящегося материала по Правилам МАГАТЭ № ST-1 [6], Правилам безопасной перевозки радиоактивных материалов РК и упаковкам типа В по основным правилам безопасности и физической защиты при перевозке ядерных материалов ОПБ3-83 [7]. Класс по ядерной безопасности – I, Категория радиационной безопасности – II. ТУК-39М1 предназначен для использования при температуре окружающего воздуха от -50°С до + 38°С. При перевозке в закрытом вагоне допускается повышение температуры внутри вагона до + 50°С. ТУК-39М1 выдерживает многократную дезактивацию от радиоактивных загрязнений растворами, применяемыми на объектах заказчика.

Рисунок 1 – ТУК- 39М1

ТУК-39М1 используется для транспортировки продукции АО «УМЗ».

3.2.2 ТУК-123

В соответствии с правилами НП-053-04 [8] и правилами МАГАТЭ № SSR-6 упаковка относиться к типу B(U) с делящимся материалом.

В состав ТУК-123 входят:

- упаковочный комплект для хранения ОЯТ (УКХ-123);
- кожух защитно-демпфирующий (ЗДК).

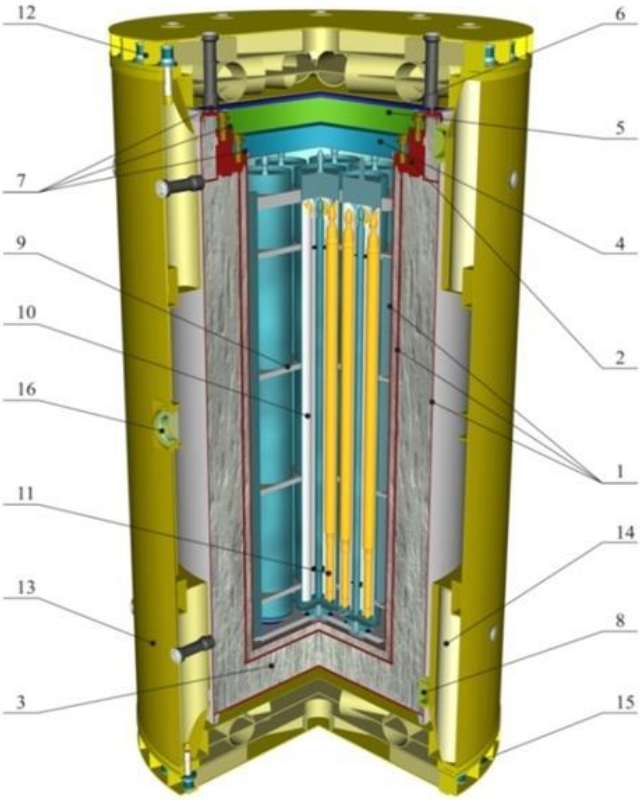
Упаковочный комплект хранения УКХ-123 предназначен для временного и долговременного (50 лет) хранения 8 чехлов с ОЯТ на площадках специально построенных хранилищ. ЗДК предназначен для обеспечения снижения механических нагрузок, действующих на УКХ в аварийных условиях при перевозке до уровня, обеспечивающего сохранность герметичности и радиационно-защитных свойств УКХ-123. Общий вид ТУК-123 показан на рисунке 2.

В свою очередь в состав УКХ входят:

- металлобетонный контейнер (МБК);
- дистанционирующая решетка.

МБК предназначен для защиты чехлов с ОЯТ от механических повреждений и обеспечения радиационной и ядерной безопасности при обращении с УКХ.

Основными контурами герметизации корпуса МБК являются внутренняя оболочка, выполненная из стали 12Х18Н10Т толщиной 16 мм, промежуточная (силовая оболочка), выполненная из стали 09Г2СА-А с толщиной 25 мм, обеспечивающие сопротивление хрупкому разрушению при минимальных температурах эксплуатации (обе эти оболочки экранированы от внешних аварийных воздействий армированным и высокопрочным бетонным наполнителем), и наружная герметичная оболочка, выполненная из стали 09Г2СА-А, толщиной 16 мм.



1-стальные оболочки корпуса металлобетонного контейнера (МБК); 2- комингс; 3-особо прочный сверхтяжелый бетон, 4-внутренняя крышка; 5- наружная крышка; 6- герметизирующий лист; 7- уплотнительные элементы; 8- гнезда для подъема и кантовки УКХ; 9- дистанционирующая решетка; 10- чехлы для ОЯТ БН-350; 11- ОЯТ; 12- верхняя крышка защитно-демпфирующего кожуха (ЗДК); 13- цилиндрическая оболочка ЗДК; 14- трубчатые упруго-пластические элементы; 15- днище ЗДК; 16- гнезда для подъема и кантовки ТУК.

Рисунок 2 – ТУК-123 в сборе

В качестве бетонного наполнителя конструкции корпуса МБК предусмотрен особопрочный сверхтяжелый бетон. Используемые в качестве уплотнительных накладок спирально-навитые прокладки и эластомерные кольца отработаны на 50-летний эксплуатационный срок в радиационно-температурных условиях. Уплотнительные устройства прошли испытания на аварийные условия эксплуатации, которые подтвердили сохранение их герметизирующих свойств.

Использование трех контуров герметизации корпуса МБК (двух защитно-герметических крышек с обваркой загрузочного проема герметизирующим листом) образуют ряд последовательных барьеров защиты окружающей среды от радиоактивного загрязнения в нормальных и аварийных условиях эксплуатации. Выбранные материалы обеспечивают возможность эксплуатации МБК при температурных условиях от -50 ºС до +63,5 ºС.

ТУК -123 был разработан, сертифицирован и изготовлен для реализации Топливного проекта в рамках Исполнительного Договора «Относительно долговременного размещения ядерных материалов БН-350», заключенного в 1997 году между Министерством энергетики США и Министерством науки – Академия наук Республики Казахстан. В данных контейнерах была осуществлена транспортировка ОЯТ БН-350 из г. Актау, МАЭК в г. Курчатов на площадку ДКХОЯТ.

3.2.3 ТУК-19

Транспортный контейнер ТУК-19 (Рисунок 3), имеющий массу 5 т и относящийся к типу B(U), специально спроектирован для перевозки топлива исследовательских реакторов и может быть принят на большинстве исследовательских реакторных установок. Корпус контейнера изготовлен из нержавеющей стали, имеет диаметр ~ 86 см и высоту 217 см. Корзина (чехол 50) используется для загрузки и дистанционирования сборок. Контейнер может вмещать четыре ОТВС типа ВВР-Ц.

Рисунок 3 – Контейнер ТУК-19 для перевозки ОЯТ

Российский сертификат RUS/3103/B(U)F-96 на конструкцию и перевозку ТУК-19 был выдан 9 сентября 2008 года Государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом».

Транспортировка ТУК-19 с содержимым осуществляется в составе транспортного пакета. В основу транспортного пакета положен специализированный грузовой крупнотоннажный контейнер (СГКК), удовлетворяющий требованиям международных стандартов ISO и конвенций, а также отраслевым нормам перевозки опасных грузов различными видами транспорта. Международные (TS-R-1) и российские (НП-053-04) правила безопасной перевозки радиоактивных материалов не устанавливают специальных требований к транспортным пакетам, поэтому разработчики использовали рекомендации МАГАТЭ к раскреплению упаковок, изложенные в TS-G-1.1 [9]. В результате получено свидетельство-сертификат Главного управления российского морского регистра судоходства о соответствии СГКК международным требованиям к грузовым контейнерам.

Транспортный контейнер ТУК-19 использовался для транспортирования ОЯТ реактора ВВР-К ИЯФ РК в г Алматы на ПО «Маяк» в РФ, в рамках реализации программы RRRFR.

3.2.4 ТУК-115

На рисунке 4 показан ТУК-115, предназначенный для транспортирования и хранения порошкообразных делящихся материалов с содержанием урана-235(U) не более 4,4 % (по массе) в условиях умеренного и холодного климата (категория размещения УХЛ4 по ГОСТ 15150), характеристики которого приведены в таблице 2. В соответствии с требованиями ОПБ3-83 ТУК-115 относится к упаковке типа В II–го и III-го класса ядерной безопасности.

Рисунок 4 – ТУК-115

Таблица 2 – Характеристики ТУК-115

Масса загружаемого продукта, кг, не более	700
Емкость, $м^3$, не более	0,33
Материал основных частей	Ст. 12Х18Н10Т ГОСТ 5949
Габаритные размеры, мм, не более:	
Высота, мм	1687
Диаметр, мм	870
Срок эксплуатации, лет, не менее	15

ТУК-115 используется для транспортировки продукции АО «УМЗ».

3.3 Испытания ТУК

В соответствии с законодательством РК [4] для проверки способности упаковки выдерживать условия перевозки проводятся испытания.

Для проверки способности упаковки выдерживать нормальные условия перевозки проводятся следующие испытания:

- испытание на обрызгивание водой;
- испытание на удар при свободном падении;
- испытание на штабелирование;
- испытание на глубину разрушения.

Для проверки способности упаковок выдерживать аварийные условия перевозки проводятся следующие испытания:

- испытание на механическое повреждение (испытание на падение);
- тепловое испытание;
- испытание на погружение в воду.

3.3.1 Испытание на обрызгивание водой

При проведении данного испытания ТУК подвергается обрызгиванием водой имитирующее пребывание под дождем интенсивностью примерно 5 см/ч в течение не менее 1 часа.

Для проведения испытания ТУК по обрызгиванию водой необходимо помещение или отдельное здание, оборудованное системами водоснабжения и водоотведения (Рисунок 5).

а)

б)

Рисунок 5 – Стенд по обрызгиванию водой

Каждому из испытаний, указанных в разделе 3.3, должно предшествовать испытание на обрызгивание водой. Интервал между окончанием испытания на обрызгивание водой и последующим испытанием должен быть таким, чтобы вода успела максимально впитаться без видимого высыхания внешней поверхности ТУК. При отсутствии каких-либо противопоказаний этот интервал принимается равным примерно 2 часам, если вода подается одновременно с четырех направлений. Если вода разбрызгивается последовательно с каждого из четырех направлений, интервала перед последующим испытанием не должно быть.

3.3.2 Испытания на удар при свободном падении

При проведении данного испытания ТУК должен падает на мишень так, чтобы причинялся максимальный ущерб испытываемым элементам, обеспечивающим безопасность. При этом:

- высота свободного падения, измеряемая от нижней точки ТУК до плоскости мишени, должна быть не меньше расстояния, высоты свободного падения при испытаниях, утвержденной в зависимости от массы ТУК (Таблица 3);

- для прямоугольных фибровых, деревянных, картонных и полимерных упаковок массой не более 50 кг отдельный ТУК подвергается испытанию на свободное падение с высоты 0,3 м на каждый угол;

- для цилиндрических фибровых, деревянных, картонных и полимерных упаковок массой не более 100 кг отдельный ТУК подвергается испытанию на свободное падение с высоты 0,3 м на каждую четверть края цилиндра при обоих основаниях;

- для упаковок типа А предусматривается дополнительное испытание сбрасыванием один раз с высоты 9 м таким образом, чтобы было нанесено максимальное нарушение системы герметизации.

Таблица 3 – Высота свободного падения при испытаниях, подтверждающих способность упаковок выдерживать нормальные условия перевозки

Масса упаковки, кг	Высота свободного падения, м
0 < масса упаковки < 5000	1,2
5000 < масса упаковки < 10000	0,9
10000 < масса упаковки < 15000	0,6
15000 < масса упаковки	0,3

Для проведения испытания на свободное падение необходимы:

- вышка (грузоподъемный механизм), высота которой обеспечивает поднятие образца на такую высоту, чтобы от нижней его части до поверхности мишени составляло 9 м. Исходя из размеров ТУК, которые на сегодняшний день находятся в эксплуатации габариты вышки должны быть не менее ×8×17 м (длина, ширин; высота) и грузоподъемностью 50 т;

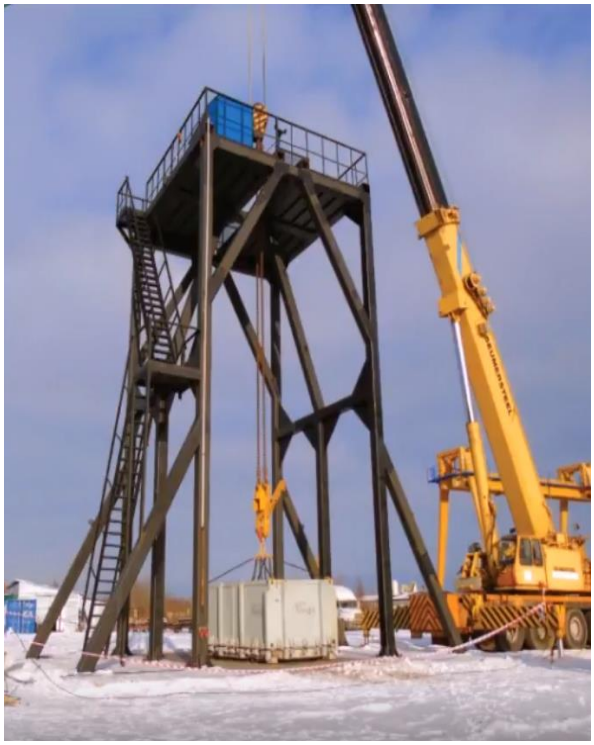
- мишень в виде вертикальной плоской поверхности. Сопротивляемость смещению и деформации мишени и ее поверхности должна быть такой, чтобы любое повышение сопротивляемости не приводило к значительному увеличению повреждения ТУК при его падении на мишень. Предпочтительно использовать мишень в виде плиты из углеродистой стали толщиной не менее 12 мм плотно прилегающая всей поверхностью соприкасания к бетонному блоку с габаритами 10×10×1 м, имеющему массу не менее десятикратного значения массы проверяемого ТУК, и закрепленная на нем;

- специальный захват для обеспечения свободного падения ТУК в нужный момент времени. Захват грузоподъемного механизма может быть с механическим или электромагнитным замком с грузоподъемностью 100 т.

Также имеются несколько вариантов исполнения грузоподъемных механизмов:

- на рисунке 6а лебедка, закрепленная на установке;
- на рисунке 6б кран на автомобильном ходу;
- кран козловой.

а)



б)

Рисунок 6 – Стенд для проведения испытания на свободное падение

При использовании крана на автомобильном ходу его грузоподъемность должна быть не менее 100 т, а длина основной стрелы в разложенном состоянии не менее 63 м.

При выборе козлового крана в качестве грузоподъемного механизма, все грузоподъемные работы на установках испытательного комплекса (в лаборатории) могут быть выполнены данным краном.

3.3.3 Испытание на штабелирование

Если форма ТУК не исключает возможность укладки штабелем, образец подвергается сжатию с усилием (Рисунок 7). ТУК подвергается в течение 24 ч сжатию с усилием, равным или превышающим большее из следующих значений:

- усилие, эквивалентное пятикратной массе упаковки;
- усилие, эквивалентное произведению 13 кПа (0,13 кгс/см^2) на площадь вертикальной проекции ТУК.

Нагрузка распределяется равномерно на две противоположные стороны образца, одна из которых должна быть основанием, на котором обычно располагается упаковка.

Для проведения испытания на штабелирование необходимы:

-плита опорная бетонная или металлическая гладкая с горизонтальной поверхностью;

- плита из углеродистой стали толщиной не менее 8 мм и размерами не менее размеров поверхности проверяемого упаковочного комплекта;

- груз массой равной или превышающее значения, приведенные выше. Для моделирования широкого диапазона условий испытаний необходим набор грузов для сжатия ТУК: железобетонный груз весом 1 т в количестве 5 штук, железобетонный груз весом 3 т в количестве 2 штук, железобетонный груз весом 5 т в количестве 2 штук;

- грузоподъемный механизм для размещения груза (кран на автомобильном ходу, козловой кран).

ТУК устанавливают на опорную плиту, на крышку кладут стальную плиту, на которую устанавливают груз. Если упаковочный комплект имеет выступы на крышке, то плиту кладут на эти выступы.

Рисунок 7 – Испытание на штабелирование (сжатие с усилием)

3.3.4 Испытания на глубину разрушения

При испытании на глубину разрушения, ТУК устанавливается на жесткую горизонтальную плоскую поверхность, не смещающуюся при проведении испытаний. Стержень диаметром 3,2 см с полусферическим концом и массой 6 кг сбрасывают вертикально в направлении центра наименее прочной части образца так, чтобы он, если пробьет упаковку достаточно глубоко, задел систему герметизации. Стержень не должен значительно деформироваться при проведении испытаний. Высота падения стержня до намеченной точки попадания на верхней поверхности упаковки составляет 1 метр (Рисунок 8).

Для упаковки типа А, проводят дополнительно испытания сбрасыванием стержня с высоты 1,7 м таким образом, чтобы было нанесено максимальное нарушение системы герметизации.

Для упаковки типа С массой менее 250 кг проводят испытание сбрасыванием на него с высоты 3 м над намеченным местом удара штыря массой 250 кг. Для этого испытания штырь должен представлять собой цилиндрический стержень диаметром 20 см, ударный конец которого образует усеченный прямой круговой конус, имеющий высоту 30 см и диаметр вершины 2,5 см.

Стенд для проведения испытания ТУК на свободное падение также может использоваться для проведения испытания на глубину разрушения, на штабелирование, а также испытание на прокол (разрыв). Для проведения испытания на глубину разрушения необходимы:

- стержень из углеродистой стали с необходимыми параметрами;

- штырь с необходимыми параметрами;

- плита, используемая при проведении испытания на штабелирование или мишень стенда испытания на свободное падение;

- вышка, грузоподъемный механизм со специальным захватом (механическим или электромагнитным замком) для обеспечения свободного падения стержня в нужный момент времени.

Рисунок 8 – Испытание на глубину разрушения

3.3.5 Испытание на механическое повреждение

Испытание на механическое повреждение состоит из трех различных видов сбрасывания:

1) при первом виде сбрасывания ТУК должен упасть на плоскую мишень так, чтобы он получил максимальное повреждение, а высота падения, измеряемая от самой нижней точки ТУК до верхней поверхности мишени, должна составлять 9 м;

2) при втором виде сбрасывания ТУК должен упасть на штырь круглого сечения диаметром 15,0 см±0,5 см, жестко закрепленный в вертикальном положении на мишени так, чтобы ТУК получил максимальные повреждения. Торец штыря – плоская горизонтальная поверхность с закруглениями краев радиусом не более 6 мм. Штырь неподвижно закрепляется в вертикальном положении на мишени-основании и имеет высоту 20 см. Высота падения, измеряемая от намеченного места удара ТУК до верхней поверхности штыря, должна составлять 1 м. Если при большей высоте будет наноситься большее повреждение, то следует использовать штырь достаточной высоты для нанесения максимального повреждения;

для упаковки типа С массой 250 кг и более высота падения, измеряемая от места удара ТУК до верхней поверхности штыря, должна составлять 3 м. Для этого испытания свойства и размеры штыря должны соответствовать характеристикам, указанным для испытания упаковки типа С на глубину разрушения (сбрасывания штыря), за исключением того, что длина и масса штыря должны быть такими, чтобы нанести максимальное повреждение упаковке;

3) при третьем виде сбрасывания ТУК должен подвергнуться испытанию на динамическое разрушение при таком размещении ТУК на мишени, при котором он получит максимальные повреждения при падении на него плиты массой 500 кг с высоты 9 м. Плита размером 1х1 м должна быть выполнена из углеродистой стали. Плита падает, находясь в горизонтальном положении. Высота падения измеряется от нижней поверхности плиты до наивысшей точки ТУК.

При этом каждый ТУК подвергается двум испытаниям на падение:

- упаковки массой не более 500 кг и общей плотностью, определенной по внешним размерам, не более 1000 кг/м с радиоактивным содержимым более 1000A_2, подвергаются испытаниям 2) и 3);

- другие упаковки подвергаются испытаниям 1) и 2).

3.3.5.1 Испытание на прокол (разрыв)

При испытании на прокол (разрыв), ТУК подвергается разрушающему воздействию твердого штыря, изготовленного из мягкой стали. Основание штыря закрепляют на мишени, а ТУК падает на штырь (Рисунок 9).

Для проведения испытания ТУК на прокол (разрыв) также может использоваться оборудование для проведения испытания на удар при свободном падении. Для проведения испытания на прокол (разрыв) разрушения необходимы:

- мишень с штырем с заданными параметрами;
- вышка, грузоподъемный механизм со специальным захватом (механическим или электромагнитным замком) для обеспечения свободного падения ТУК в нужный момент времени.

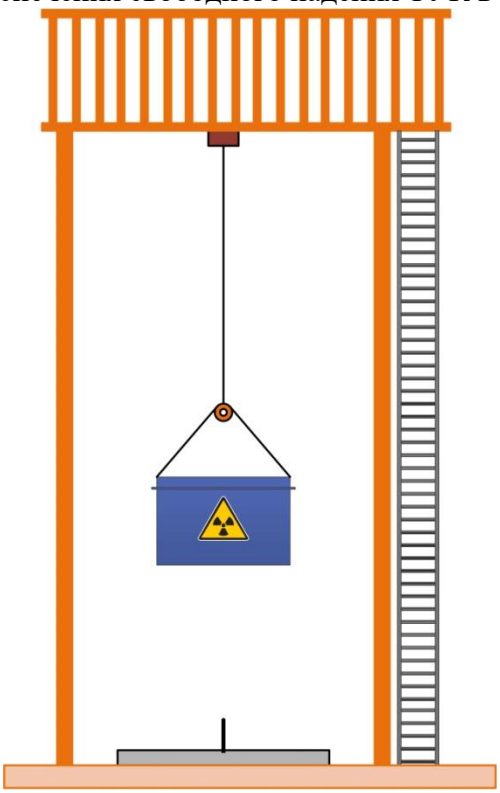


Рисунок 9 – Схематичное изображение испытания на прокол (разрыв)

3.3.5.2 Испытание на динамическое разрушение

При проведении испытания на динамическое разрушение на ТУК с высоты сбрасывают груз (Рисунок 10).

Для проведения данного испытания может быть полностью задействовано оборудование стенда для проведения испытания на удар при свободном падении.

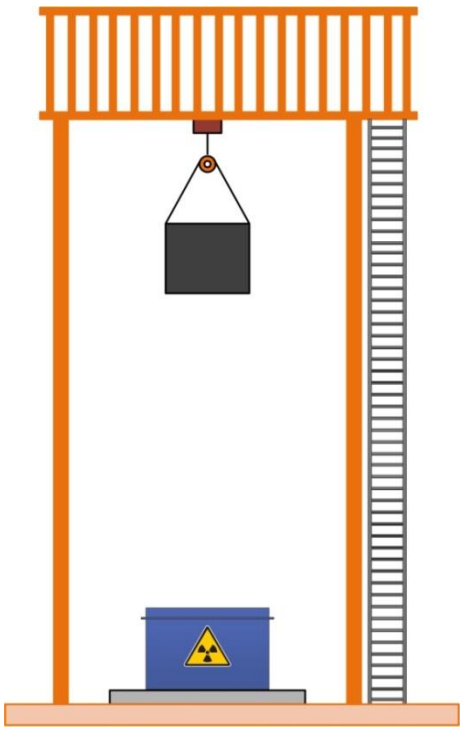


Рисунок 9 – Схематичное изображение испытания на динамическое разрушение

3.3.6 Тепловое испытание

При проведении теплового испытания ТУК помещают полностью, за исключением простой поддерживающей конструкции, в очаг горения углеводородного топлива в воздушной среде, который имеет достаточные размеры, и в котором существуют условия для обеспечения среднего коэффициента эмиссии (пламени) не менее 0,9 при средней температуре пламени не менее 800 ºС в течение 30 мин, или проводят любое другое испытание, обеспечивающее подведение эквивалентного теплового потока к упаковке. Для упаковки типа С тепловое воздействие должно продолжаться 60 мин (усиленное тепловое испытание). Поверхность горения топлива должна выступать за пределы любой внешней поверхности ТУК по горизонтали, по крайней мере, на 1 м, но не более чем на 3 м. ТУК должен находиться на расстоянии 1 м над поверхностью топлива. После прекращения внешнего подвода тепла ТУК не должен подвергаться искусственному охлаждению, а любое горение материалов образца должно продолжаться естественным образом. При расчетах коэффициент поверхностного поглощения принимают равным либо 0,8, либо значению, определенному у этой упаковки при проведении описанного теплового испытания. Коэффициент конвективного теплообмена принимают равным той величине, которую может обосновать конструктор упаковки, если она подвергалась описанному тепловому испытанию. Начальные условия теплового испытания принимают таковыми, что упаковка находится в стационарном состоянии при температуре окружающей среды 38 ºС (с учетом максимального тепловыделения радиоактивного содержимого) и воздействии инсоляции нормам.

Установка для проведения теплового испытания ТУК может быть выполнена в виде кирпичного здания с воротами (Рисунок 11). При нештатной ситуации, ворота закрываются, прекращается подача кислорода и прекращается процесс горения.

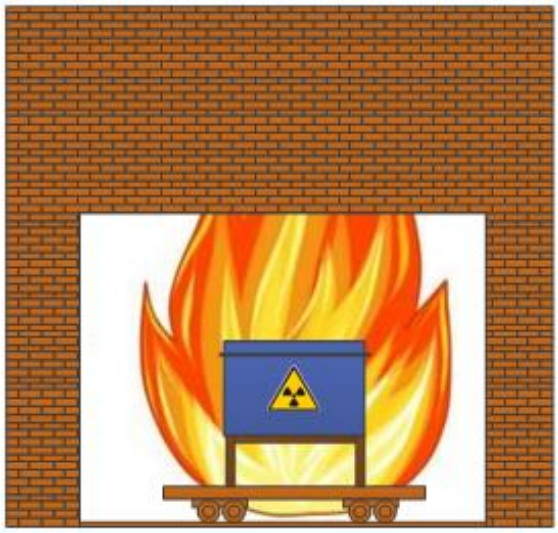


Рисунок 11 – Схематичное изображение установки для проведения теплового испытания

Также установка может быть выполнена в виде бетонной площадки с размерами 10×10×0,3 м (длина, ширина, высота). Также стенд должен быть оборудован передвижной емкостью для подачи ГСМ объемом 7 $м^3$, поддоном для обеспечения равномерного горения и предотвращения розлива горючего и станиной для удержания контейнера на заданной высоте. Для предотвращения распространения огня или при необходимости прекратить испытание, площадка должна быть оборудована средствами пожаротушения.

3.3.7 Испытание на погружение в воду (внешнее избыточное давление)

При испытании на погружение в воду, ТУК должен находиться под столбом воды высотой не менее 15 м в течение не менее 8 ч в положении, приводящем к максимальным повреждениям. Принимают, что этим условиям соответствует внешнее избыточное давление не менее 150 кПа.

При испытании на погружение в воду упаковок типа B(U) и типа B(M), содержащих более 10^5A_2, и упаковок типа C ТУК должен находиться под столбом воды высотой как минимум 200 м в течение не менее 1 ч. Принимают, что этим условиям соответствует внешнее избыточное давление не менее 2 МПа.

Установка для проведения данного испытания может представлять собой бассейн, выполненный из бетона и облицованный металлом (Рисунок 12) или металлическую ёмкость подходящего размера. Для подачи воды в бассейн и удержание ее на заданном уровне, бассейн оснащается насосами и запорной арматурой.

Для испытании упаковок типа B(U) и типа B(M), содержащих более 10^5A_2 , и упаковок типа C возможно использовать металлическую емкость с системами герметичности и насосов для создания необходимых условий, либо оснастить данными системами железобетонный бассейн.

Предварительные характеристики железобетонного бассейна (возможно частично заглубленного):

- чаша бассейна облицована нержавеющим материалом;
- габариты чаши для испытания контейнера 8×5×17 метра (длина, ширина, глубина);
- крыша металлическая, съёмная, герметичная;
- система водоснабжения и отведения;
- насос высокого давления, не менее 2 МПа;
- система имитации дождя (форсунки), интенсивность 5 см/ч;
- лестница металлическая наружная, высота 17 м;
- лестница металлическая внутренняя, высота 17 м.

С целью сокращения материальных затрат по созданию и содержанию комплекса (лаборатории), стенд по обрызгиванию водой может быть объединён со стендом по созданию внешнего избыточного давления. Следовательно, система по имитации дождя может быть

установлена непосредственно в бассейне. При этом системы подачи и отвода воды, насосы, а также запорная арматура будут общими на два стенда.

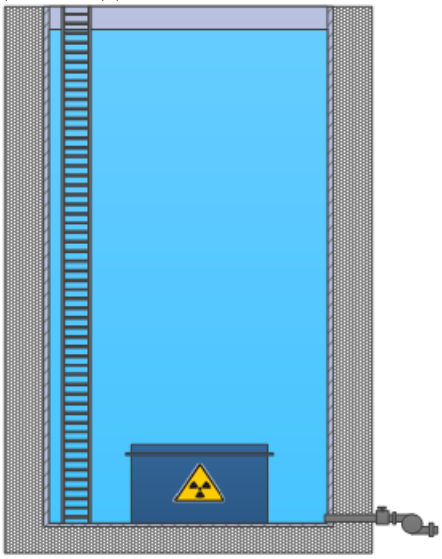


Рисунок 12 – Схематичное изображение установки по созданию внешнему избыточному давлению

Вода из бассейна, а также системы самой установки могут быть использованы при ликвидации нештатной ситуации во время теплового испытания.

3.3.8 Испытание на столкновение

Данное испытание проводится для упаковок типа С. ТУК подвергается столкновению с мишенью при скорости не менее 90 м/с, причем в таком положении, при котором ему будет нанесено максимальное повреждение.

Рисунок 13 – Испытание на столкновение

Для комплектации стенда испытания на столкновение необходима:

- рельсовая ветка, протяженностью достаточной для разгона образца до требуемой скорости;
- разгонное устройство на реактивной или электромагнитной тяге;
- мишень (в вертикальном исполнении).

3.3.9. Гидравлическое испытание

Гидравлическому испытанию подвергаются упаковки с гексафторидом урана. ТУК, представляющие собой или имитирующие упаковочные комплекты, предназначенные для размещения в них 0,1 кг или более гексафторида урана, подвергаются гидравлическому испытанию при внутреннем давлении не менее 1,38 МПа, однако если испытательное давление составляет менее 2,76 МПа, то для данной конструкции при осуществлении межгосударственной перевозки требуется одобрение конструкции упаковки и перевозки компетентным органом страны назначения и стран транзита.

Для проведения данного испытания необходимо следующее оборудование:

- насос:
-манометр;
- запорный вентиль;
- гибкий шланг.

Упаковку заполняют водой, чтобы не остался воздух. Температура должна быть постоянной. Насосом создают внутреннее гидравлическое манометрическое давление. Закрывают вентиль и держат давление в течение 30 мин.

3.3.10 Стендовый комплекс

На основании вышесказанного может быть определен предварительный перечень оборудования, специализированного испытательного комплекса, который обеспечит решение задач утверждения конструкций упаковок РАВ и ТУК в Казахстане без обращения в зарубежные компетентные органы.

При проектировании стендового комплекса в виду используемого оборудования и характера проводимых испытаний в составе одного стенда могут проводится испытания на свободное падение, на глубину разрушения, штабелирование и испытания на механическое повреждение.

Испытания на избыточное давление на внешнюю поверхность и обрызгивания ТУК водой также могут быть объединены в один стенд.

На отдельных стендах предусмотрено проведение тепловых испытаний, испытаний на столкновение.

В целях обеспечения безопасности работ при проведении испытаний на стенды должны быть укомплектованы системами звукового и светового оповещения и металлическими ограждениями по периметру стендов.

Для фиксации проведения испытаний необходимо оснастить стенды высокоскоростными видеокамерами (скорость съемки до 25 700 кадров/с при полном мегапиксельном разрешении 1280x800).

Для обработки результатов испытаний необходимо организовать на базе существующих материаловедческой лаборатории и лаборатории технической диагностики и контроля НЯЦ РК лабораторию обработки данных, дооснастив ее новыми приборами и оборудованием: машиной газокислородной и плазменной резки, газорезательной машиной, ультразвуковыми дефектоскопами, ренгеновским томографом и другим оборудованием. Для компьютерного моделирования испытаний ТУК возможно организовать лабораторию на базе существующих подразделений, дооснастив их необходимым компьютерным оборудованием и программным обеспечением.

Если вопрос создания стендового комплекса для испытания ТУК в РК является организационно-техническим и решается поэтапно от получения разрешений и разработки предпроектной документации, проектно-сметной документации и т.д. до строительства и ввода в эксплуатацию, то вопрос целесообразности строительства такого комплекса не очевиден и требует дополнительного анализа. Исходя из количества и типов ТУК, которые на сегодняшний день находятся в эксплуатации и производятся в стране, и возможной стоимости строительства стендового комплекса, проведение испытаний с целью утверждения конструкций упаковок может быть экономически не выгодным. Поэтому практика оформления сертификатов-разрешения на конструкции ТУК за рубежом (например, в РФ) и дальнейшем распространением действия сертификатов на территорию Казахстана является логичной и приемлемой в сложившейся ситуации, по крайней мере, в отношении ТУК иностранного производства. В частности, так происходило в случаях продления сертификата-разрешения на конструкцию ТУК-123, распространения действия сертификатов–разрешений на ТУК ТК–С15 и ТУК-39М1. Для ТУК, произведенных в Казахстане (например, ТУК-39М1) из-за отсутствия в стране технической возможности проведения испытаний вопрос получения и продления действия сертификата-разрешения также решался с зарубежной помощью.

Первым шагом по организации процедуры оформления сертификатов-разрешений в РК может быть создание специализированной организации или организации на базе действующего предприятия (РГП НЯЦ РК), для пересмотров сертификатов-разрешений, ранее распространенных

на территорию РК, связанных с окончанием сроков действий сертификатов-разрешений, или изменением номенклатуры радиоактивного содержимого, которое разрешается перевозить в конкретной упаковке. Для этого организация должна иметь в наличие необходимую материально-техническую базу для подтверждения эксплуатационных характеристик упаковок на соответствие проектным параметрам. Также организация должна быть аккредитована для проведения экспертизы ядерной, радиационной и ядерной физической безопасности для проведения расчетов в обоснование ядерной и радиационной безопасности, теплового состояния ТУК.

В соответствии с законодательством РК центр по сертификации ТУК должен организовывать свою деятельность на основании соответствующей лицензии и быть укомплектован квалифицированным и аттестованным персоналом. РГП НЯЦ РК имеет необходимые лицензии и разрешения для организации на его базе центра по сертификации ТУК. Специфика и направление проводимых работ на предприятии подтверждает возможность проведения модельных испытаний в обоснование безопасности конструкции ТУК.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За отчетный период в рамках данной темы были выполнены следующие работы:

- проведен анализ законодательной и нормативно-правовой базы РК, а также изучены рекомендации МАГАТЭ в области транспортировки РВ (РАО, ЯМ и РМ);
- составлен перечень ТУК, эксплуатируемых в РК;
- сделан обзор мировой практики проведения испытаний ТУК и оснащения испытательных центров и лабораторий;
- оценена возможность создания стендового комплекса по испытанию натурных образцов ТУК на базе РГП НЯЦ РК.

По результатам выполненных работ можно сделать следующие выводы:

- в законодательстве РК определены требования к ТУК и перечень необходимых испытаний для подтверждения их конструкции и получения сертификатов-разрешений;
- на основе перечня необходимых испытаний ТУК составлен предварительный перечень оборудования для комплектации стендового комплекса;
- существует возможность размещения стендового комплекса по испытанию ТУК на территории комплекса исследовательских ректоров «Байкал-1» (КИР «Байкал-1). Территория КИР «Байкал-1» является действующим объектом и оснащена необходимой инфраструктурой. Также на предприятии есть подразделения, которые могут быть задействованы обработке результатов испытаний и в компьютерном моделировании. Для организации самого стендового комплекса потребуется проектирование, строительство и закупка необходимого оборудования для отдельных стендов;
- первым этапом, обусловленным экономическими соображениями, по организации сертификации ТУК в РК может быть создание центра, специализирующегося на проведении модельных испытаний ТУК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Закон Республики Казахстан «Об использовании атомной энергии» № 442-V от 12 января 2016 года.

2 «Правила утверждения конструкций транспортных упаковочных комплектов» № 51 от 9 февраля 2016 года

3 Закон Республики Казахстан «О разрешениях и уведомлениях» № 202-V от 16.05.2014 года.

4 «Правила транспортировки ядерных материалов», №76 от 22 февраля 2016.

5 Требования безопасности МАГАТЭ № SSR-6, «Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов», издание 2012 года.

6 Требования безопасности МАГАТЭ № TS-R-1, «Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов», издание 2009 года.

7 «Основные правила безопасности и физической защиты при перевозке ядерных материалов», ОПБЗ-83, 1983 года.

8 «Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов», НП-053-04, 2005 года.

9 Руководство МАГАТЭ № TS-G-1.1, «Справочный материал к Правилам МАГАТЭ по безопасной перевозке радиоактивных материалов», издание 2005 года.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Список публикаций по теме

1 Проблемы сертификации транспортных упаковочных комплектов казахстанского производства и пути их решения / Д.И. Давыденко, А.Г. Коровиков, П.Г. Коровиков, В.А. Поспелов // Сборник материалов международной образовательной блендинг-конференции «Образование – фундамент евроазиатского сотрудничества»,31 октября, 2019, Семей, Казахстан.- 2019. – С. 44-46.