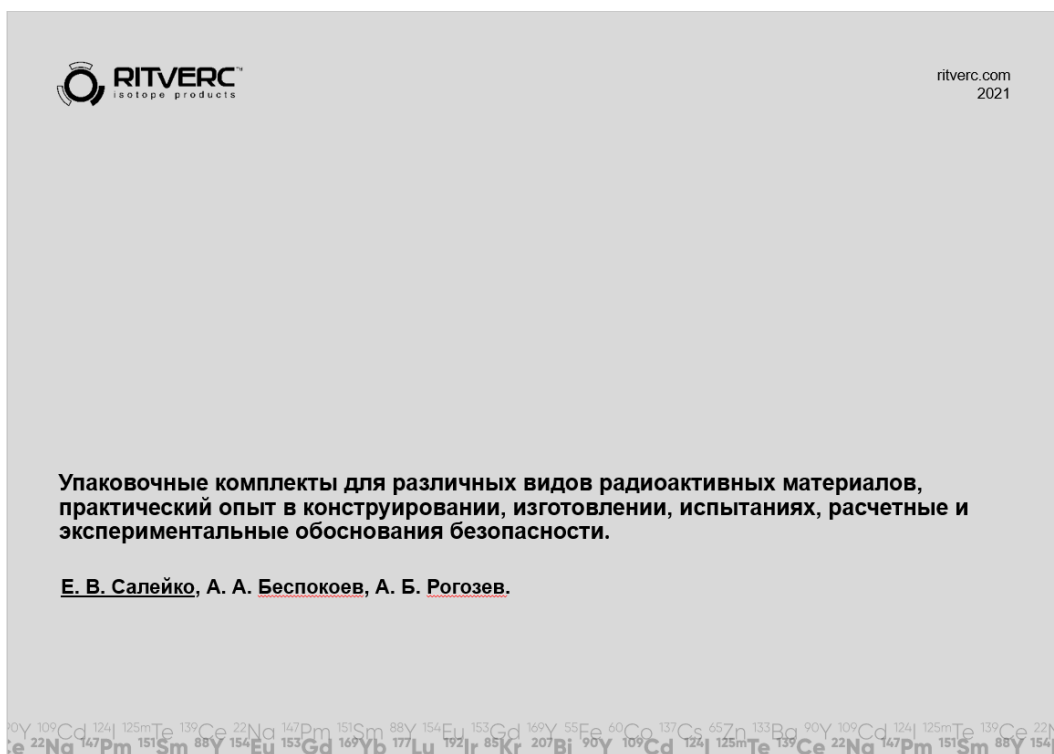


Упаковочные комплекты для различных видов радиоактивных материалов, практический опыт в конструировании, изготовлении, испытаниях, расчетные и экспериментальные обоснования безопасности

Е. В. Салейко, А. А. Беспокоев, А. Б. Рогозов

XV Международный ядерный форум «Безопасность ядерных технологий: транспортирование радиоактивных материалов» (АТОМТРАНС-2021), 4-8 октября 2021 г., Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», Санкт-Петербург.



1. Введение:

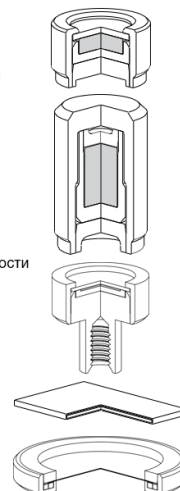
Развитие АО РИТВЕРЦ

- 2021 Расширение области аккредитации ИЛ АО «РИТВЕРЦ» на испытания УКТ и СИЗ 2021
- 2019 Получение Лицензий на конструирование и производство УКТ типа «А».
- 2016 Аккредитация испытательной лаборатории РИТВЕРЦ госкорпорацией РОСАТОМ.
- 2009 Разделение совместного производства РИТВЕРЦ и Радиевого института. Начало независимого производства источников
- 2004 Основана вторая площадка РИТВЕРЦ на производственной базе Политехнического университета и завода «Реконд».
- 2003 Совместное производство радионуклидной продукции сертифицировано в соответствии с требованиями Международного стандарта менеджмента качества ISO 9001:2001.
- 1995 Первые экспортные поставки рентгеновских и Мессбауэровских источников
- 1994 Начало совместного производства радионуклидной продукции РИТВЕРЦ и Отделения изотопов Радиевого института.
- 1993 При участии и на производственной базе Радиевого института было основано РИТВЕРЦ
- 1960 В составе института создано Отделение Изотопов для исследований в области получения радионуклидов и разработки радионуклидных источников.
- 1937 В Радиевом институте построен и введен в эксплуатацию первый в Европе циклотрон.
- 1922 Радиевый институт им. В. Г. Хлопина был основан как центр развития радиохимических и ядерных технологий.

Наша компания основан в 1993 году на базе Радиевого Института, но 2009 года мы работаем независимо. С 2016 года имеем аккредитованную испытательную лабораторию, а с 2019 года получили лицензию на конструирование УКТ типа «А».

Производимая радиоизотопной продукции

ritverc.com
2021

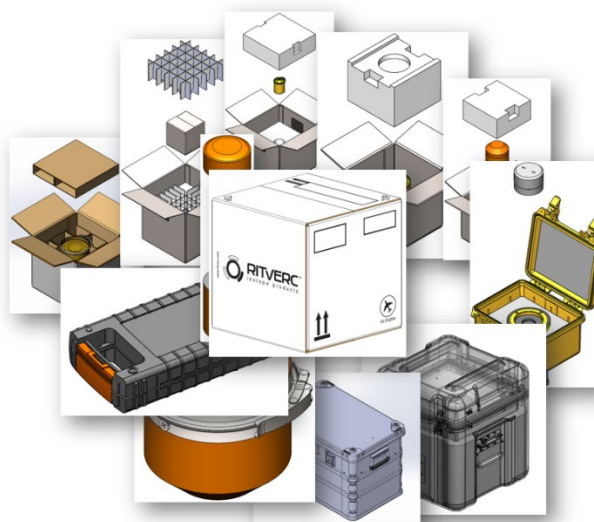


3

Компания РИТВЕРЦ специализируется на производстве радионуклидной продукции. В перечень нашей продукции входят источники рентгеновского, гамма-, бета-излучений, мёссбауэровские источники, а также эталонные и контрольные источники. Наши источники применяются в промышленности, медицине и научных исследованиях. Таким образом продукция нашей компании насчитывает более 80 типоразмеров источников, с 40 различными радионуклидами. Весь перечень своей продукции мы транспортируем по стране и миру в упаковке собственного производства.

УКТ производства АО РИТВЕРЦ

ritverc.com
2021



4

Мы имеем огромный опыт в разработке, производстве, испытаниях и сертификации УКТ. Нам хорошо известны проблемы в этой отрасли и надо отметить, что представленная на рынке упаковка не может решить всех существующих задач по транспортированию радионуклидной продукции. На сегодняшний день существуют проблемы, связанные с доставкой калибровочных источников, промышленных источников и радиофармпрепаратов. Вопрос решения этих проблем остро стоит перед компаниями-производителями и потребителями источников и требует нетривиального подхода для его скорейшего разрешения.

I. Увеличивающаяся потребность в возвратной (многооборотной) упаковке для РФП

- Нужна универсальная конструкция для перевозки максимального кол-ва р/н;
- Высокая стоимость зарубежных УКТ;
- Использование одноразовой УКТ не рационально;

II. Недостаточная универсальность невозвратной упаковки типа «А» УКТИА-РТ

- При загрузке флаконов в условиях горячих камер;
- Для загрузки флаконов увеличенных размеров;

III. Отсутствует невозвратная упаковка для объёмных источников

- Отсутствует сертифицированная упаковка для ОМАСН, фантомов тела человека и др. объёмных источников.

IV. Отсутствует УКТ для плоскостных (планарных) источников

- Отсутствует легкий и недорогой невозвратный УКТ для отправки источников на поверку;
- Стоимость пересылки источника соизмерим со стоимостью самого источника.

5

В данном докладе хотелось бы обозначить 4, наиболее, на наш взгляд, важные проблемы:

- I. Растущая потребность в возвратной (многооборотной) упаковке для радиофармпрепаратов. Как правило на один медицинский центр, производящий РФП, приходится несколько площадок, которые могли бы проводить исследование при помощи ПЭТ-сканеров. Таким образом, существует необходимость в ежедневном транспортировании большого количества РФП от одного медцентра в другие. Использование одноразовой упаковки в данном случае не рационально, а той многооборотной упаковки, которая присутствует сейчас на рынке недостаточно, к тому же цена на них не устраивает медцентры.
- II. Недостаточная универсальность существующей УКТ типа А. На сегодняшний день на рынке отсутствует универсальное решение, которое бы отвечало всем запросам отрасли в плане удобства использования, цены и области применения. В частности, производители источников, которым приходится, работать в горячей камере, запросили у нас разработку УКТ с внешним контуром герметичности, а также увеличенной внутренней полостью.
- III. Отсутствие специализированной упаковки для перевозки объёмных источников. На данный момент в России не производится упаковка для транспортирования объёмных мер активности. Производители таких источников – метрологические центры, приборостроители, имеют много других задач и, к сожалению, часто недооценивают важность УКТ для источников активностью ниже МЗА. Они используют в качестве упаковки неиспытанную и несоответствующую для этих целей тару. Такое отношение может привести (а иногда и приводит) к весьма печальным последствиям. Также требуется упаковка для источников – фантомов тела человека.
- IV. Отсутствие доступной невозвратной упаковки для перевозки и хранения плоскостных (планарных) источников. Производители плоскостных источников доставляют их на предприятия в собственной многооборотной таре, которую необходимо вернуть грузоотправителю (ПО Маяк). Возврат упаковки ложится на плечи получателя, и обходиться ему в сумму соизмеримую со стоимостью источника. Помимо этого, предприятия остро нуждаются в невозвратной упаковке для отправки источников на поверку. К примеру, Приморский ЦСМ должен отправлять источники во ВНИИМ (Санкт-Петербург). Получается, что предприятия стоят перед выбором: купить новый источник, и не отправлять старый на поверку или отправить источник в ненадлежащей упаковке. Как вы можете видеть, универсального решения для всех видов источников не существует, как нет и предприятия, которое бы обеспечивало всю отрасль доступными транспортными комплектами для всех видов источников. Когда-то таким предприятием был Изотоп, однако на сегодняшний день производители радиоизотопной продукции вынуждены конструировать упаковку для своих источников самостоятельно, либо транспортировать их с нарушениями.

Что требуется для разработки и производства УКТ типа «А» ritverc.com 2021

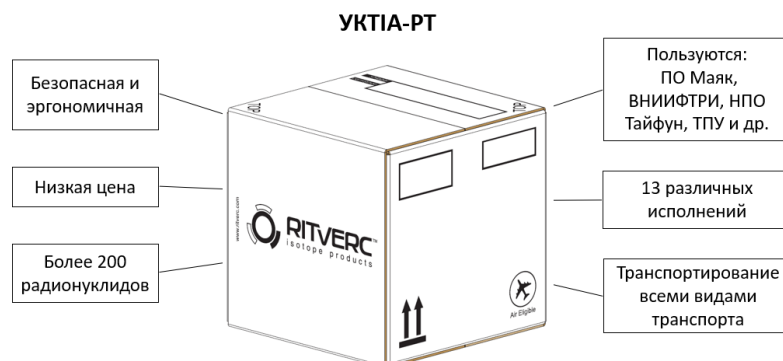
- 1. Проведение испытаний для УКТ типа «А»:**
 - На нормальные условия транспортирования;
 - На обычные условия транспортирования.
- 2. Проведения расчётов безопасности:**
 - Расчёт на аттестованном ПО;
 - Экспериментальное обоснование;
- 3. Документы, необходимые для получения сертификата-разрешения:**
 - Отчёт по безопасности на основании расчётов;
 - Конструкторская документация на сертифицируемый УКТ.
- 4. Наличие лицензий:**
 - Лицензия на проектирование УКТ;
 - Лицензия на производство УКТ.

6

Что же нужно компании сегодня, чтобы разработать упаковку для собственной продукции? Разработка УКТ – дело не быстрое и довольно затратное, связанное с проведением испытаний, проведением расчётов и измерений и прохождением сертификации. При обосновании безопасности защитных свойств УКТ необходимо предоставить либо расчёты, выполненные на аттестованном ПО, либо предоставить теоретическое обоснование на основе экспериментальных протоколов. Стоимость услуги по проведению теоретических расчётов в аттестованной программе, в зависимости от кол-ва радионуклидов и исполнений упаковки достигает суммы в 6 млн рублей и более и занимает по времени от полугода. Другой путь - экспериментальное измерение – требует наличия большого кол-ва изотопов на производстве, а также доступ к недостающим изотопам на других предприятиях. Нам в этом плане повезло, у нас есть возможность применять вторую модель обоснования безопасности и заказывать расчёты только на самые редкие изотопы. Другими словами, чтобы получить сертификат-разрешений на упаковку, которая бы удовлетворяла потребности максимального количества предприятий, работающих с РВ, приходится применять нетривиальный подход и задействовать дружественные связи. Помимо этого, чтобы выпускать собственный транспортный комплект необходимо обладать лицензиями на разработку и на производство упаковки. Если каждая компания будет тратить свои силы и ресурсы на эти процессы, это замедлит развитие отрасли в целом. А, учитывая, что эти разработки будут исключительно ориентированы на продукты производителя, то и удельная цена разработки и самого УКТ будет выше, чем если мы создаем сколько-нибудь универсальное решение.

Упаковка типа А производства АО РИТВЕРЦ

ritverc.com
2021



7

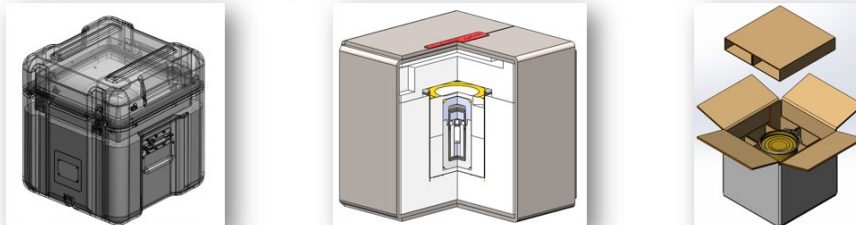
Наша компания уже более 20 лет широко применяет свою упаковку типа А для решения задач транспортирования радиоизотопной продукции и хорошо зарекомендовала себя в этой сфере.

Мы производим упаковку не только для собственной продукции, но и предоставляем её другим предприятиям. Среди покупателей наших транспортных комплектов числятся такие предприятия как ПО Маяк, ВНИИФТРИ, НПО Тайфун, ТПУ и др. Наша УКТИА-РТ обладает необходимыми качествами упаковки типа А, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к упаковке этого типа, и позволяет перевозить более двухсот наименований изотопов, что делает её наиболее универсальным и незаменимым средством транспортирования.

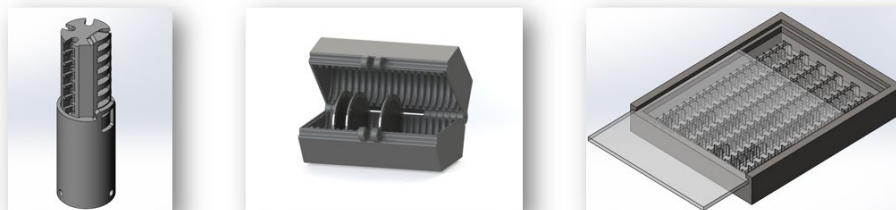
Современные методы проектирования и прототипирования, применяемые в АО РИТВЕРЦ

ritverc.com
2021

Пример 3d-моделирования при разработке УКТ:



Примеры моделей, изготавливаемых при помощи 3d-печати:



8

Кроме того, мы не стоим на месте и постоянно стремимся её улучшить. Ориентируясь на свои потребности и запросы других грузоотправителей, следуем тенденциям применения современных материалов, стараясь повысить безопасность и функциональность УКТ. Для этого у нас есть доступ к современным методам проектирования (от 3D-моделирования, до 3D-печати), а также возможность проводить испытания в собственной лаборатории. Далее я подробнее расскажу, как мы решаем упомянутые выше проблемы на основании нашего опыта:

2. Разработка многооборотной упаковки – УКТМИА-РТ

I. Разработка многооборотной упаковки УКТМИА

ritverc.com
2021

Итальянский многооборотный УКТ производства Comecer:



Кейс Hardigg

Вольфрамовый контейнер

Многооборотный УКТ производства АО РИТВЕРЦ:



Кейс Адмирал

Кейс Zarges

Вольфрамовый контейнер

9

Основная цель данной разработки, создать универсальную конструкцию возвратного УКТ для транспортирования максимального количества р/н. За основу была взята упаковка компании

Comeser (Италия). Итальянский УКТ представляет собой конструкцию, имеющую в качестве внешней тары пластиковый кейс Hardigg, в центре которого, посредством вкладышей-амортизаторов, установлен вольфрамовый защитный контейнер. Мы не стали вносить принципиальные изменения в эту нехитрую конструкцию, но в качестве внешней оболочки применили кейс отечественного производства (Адмирал), а также предусмотрели использование альтернативного варианта внешней тары – алюминиевого ящика Zarges. В качестве внутреннего защитного контейнера мы также применяем вольфрамовый контейнер, при этом уже разрабатываем вариант с многоразовым, износостойким контейнером из свинца, который позволит существенно снизить стоимость упаковки (примерно на 100 тысяч рублей).

I. Разработка многооборотной упаковки УКТМІА

ritverc.com
2021



УКТМІА-РТ перед испытанием на падение с 9 метров



Испытание: падение с 9 метров



Последствия падения с 9 метров


10

Многооборотный УКТ, разработанный АО РИТВЕРЦ, уже прошёл предварительные испытания и на данный момент проходит официальные испытания на нормальные условия транспортирования, после чего будет сертифицирован и с 2022 года будет доступен для заказа (в холле вы могли видеть кейс после падения с 9 метров).

I. Разработка многооборотной упаковки УКТМІА

ritverc.com
2021

Технические характеристики

Изображение	Код	Габаритные размеры, мм	Размеры внутренней полости, мм (без учета пенала)	Масса, кг	Радионуклиды и максимально допустимая нагрузка
	УКТМІА-30.3-РТ-5	384×384×435	∅33×62	22,0	F-18 до 5 Ки, Со-60 до 50 мКи, Sr-90+Y-90 8 Ки, Cs-137 до 1,25 Ки, Lu-177 до 18 Ки
	УКТМІА-30.3-РТ-6	600×400×410	∅33×62	22,0	F-18 до 5 Ки, Со-60 до 50 мКи, Sr-90+Y-90 8 Ки, Cs-137 до 1,25 Ки, Lu-177 до 18 Ки

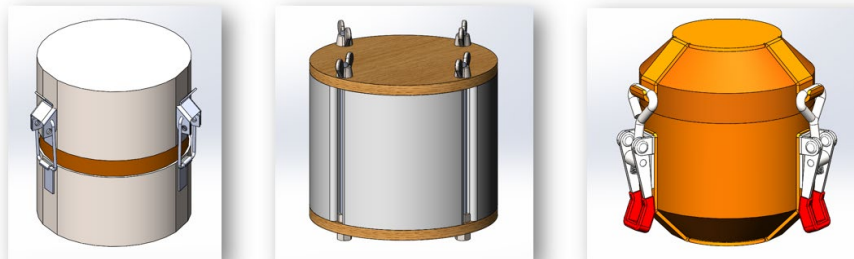
Его цена ожидается в районе 3,5 – 4 тысяч Евро, против 5 – 6 тысяч Евро зарубежных аналогов. Кроме того, мы как разработчики и держатели КД на данный УКТ, имеем возможность расширить его функционал, подстраиваясь под потребности заказчиков.

3. Разработка транспортных упаковочных комплектов модернизированных – УКТИА-РТ-М1

II. Разработка модернизированной УКТ

ritverc.com
2021

Варианты герметичного контейнера, не вошедшие в финальную версию конструкции:



12

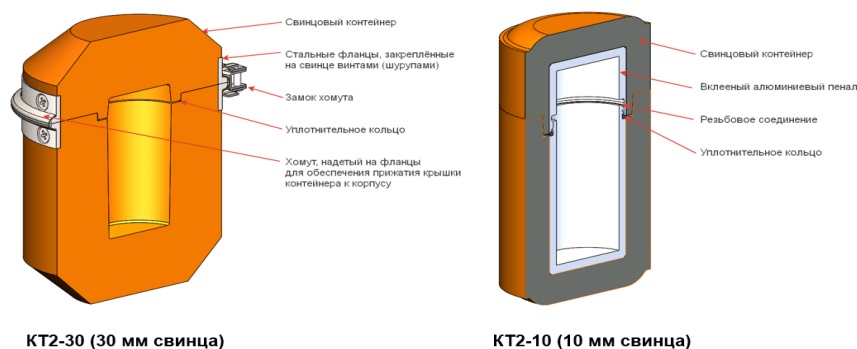
Разработку новой УКТ типа А мы запустили после получения запросов от таких производителей радионуклидной продукции как ИРМ, ТПУ и НИИАР. Они, при работе в горячей камере с помощью манипулятора, столкнулись с трудностями при закрывании герметичного пенала, который помещается внутрь защитного контейнера. Следовательно, перед нами стояла задача отказаться от использования пенала с винтовой крышкой, и перенести контур герметичности непосредственно на защитный контейнер.

Однако, чтобы сконструировать герметичный контейнер (и при этом не раздуть стоимость упаковки), пришлось прибегнуть к нестандартным решениям. Основной сложностью было сконструировать устройство, прижимающее крышку свинцового контейнера к корпусу с достаточной силой, чтобы обеспечить герметичность.

II. Разработка модернизированной УКТ

ritverc.com
2021

Окончательные варианты герметичных контейнеров:



КТ2-30 (30 мм свинца)

КТ2-10 (10 мм свинца)

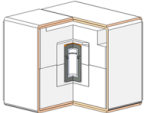
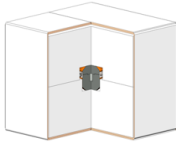
13

Испытав несколько различных систем запираения, мы остановились на схеме с хомутом. Для этого потребовалось добавить в конструкцию стальные фланцы. Такая система была применена на трёх новых контейнерах с 20, 30 и 40 мм свинца. Контейнер поменьше, с 10 мм свинца, получилось сделать герметичным за счёт вклеивания пенала внутрь контейнера. В итоге мы получили изделия, которые сочетают в себе свойства герметичного пенала и защитного контейнера. Безусловно, мы не первые, кто сконструировал герметичный контейнер, однако нам удалось сделать это с минимальными дополнительными затратами, что позволяет применять их в невозвратной упаковке.

II. Разработка модернизированной УКТ

niverc.com
2021

Технические характеристики

Изображение	Код	Габаритные размеры, мм	Размеры внутренней полости, мм	Внешние размеры контейнера, мм	Масса, кг	Радионуклиды
	УКПИА-10.2-PT-1	220×220×230	∅26×67	∅52×93	2,7	Lu-177
	УКПИА-20.2-PT-2	480×480×480	∅56×70	∅98×110	14,0	C-14, P-32, Cr-51, Mn-54, Fe-55, Co-57, Co-60, Se-75, Kr-85, Sr-90 + Y-90, Cs-131, Cs-137, Ba-133, Pm-147, Lu-177, Am-241, Am-241(PMOB)
	УКПИА-30.2-PT-2		∅36×70	∅98×130	18,0	C-14, F-18, P-32, Cr-51, Mn-54, Fe-55, Co-57, Co-60, Se-75, Kr-85, Sr-90 + Y-90, Cs-131, Cs-137, Ba-133, Pm-147, Lu-177, Am-241, Am-241 в виде PMOB
	УКПИА-40.2-PT-2		∅17×34	∅98×110	15,7	C-14, Cr-51, Mn-54, Fe-55, Co-57, Co-60, Se-75, Kr-85, Sr-90 + Y-90, Cs-131, Cs-137, Ba-133, Pm-147, Yb-169, Am-241, Am-241 (PMOB)

По результатам разработки мы получили упаковку, которая расширила свой функционал, и избавилась от лишних элементов (таких как пенал и жестяная банка). За счёт применения оптимальных технических решений и удаления лишних элементов удалось сохранить себестоимость модернизированного УКТ.

4. Разработка УКТ для объёмных источников.

III. Разработка УКТ для объёмных источников

niverc.com
2021

Объёмные источники, требующие перевозки в освобождённой упаковке:



Фантомы тела человека



ОМАСН

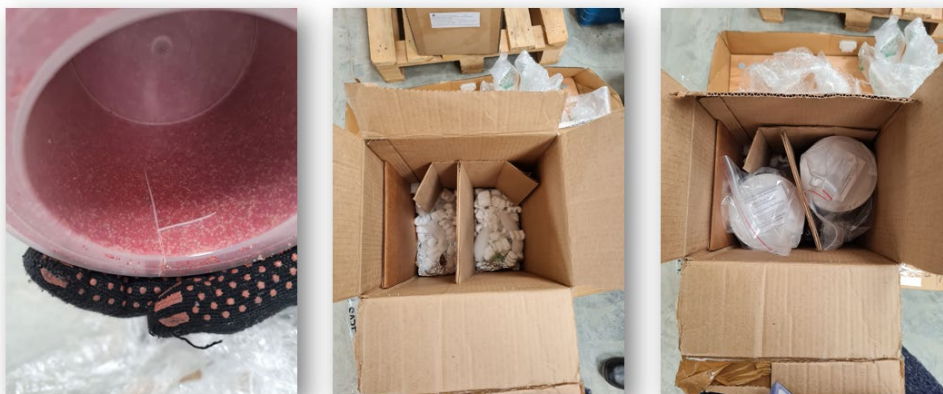
15

Этой разработкой мы планируем заняться в будущем году. Пока мы изучаем опыт других предприятий по перевозке объёмных источников, собираем информацию от производителей для выявления текущих проблем и определяем облик будущей упаковки. Источники ОМАСН и фантомы тела человека, как правило, имеют активность ниже МЗА. Мы предполагаем, что для этих источников будет достаточно освобождённой упаковки. Однако даже к «освобождёнке» предъявляются общие требования как к транспортному упаковочному комплексу. Без выполнения этих требований источник подвергается риску разрушения, а проекты, для которых он был предназначен, срыву.

III. Разработка УКТ для объёмных источников

ritverc.com
2021

Источник ОМАСН, повреждённый при транспортировании на Белорусскую АЭС



16

На этом слайде вы можете наблюдать последствия перевозки источника ОМАСН в упаковке, не соответствующей требованиям. Это источник, изготовленный для Белорусской АЭС, он был повреждён в процессе транспортирования. Это стало причиной остановки работ по проекту.

5. Разработка упаковки для планарных источников.

IV. Разработка УКТ для плоскостных источников

ritverc.com
2021

Возвратный УКТ для плоскостных источников



Многооборотный контейнер



Деревянный кейс

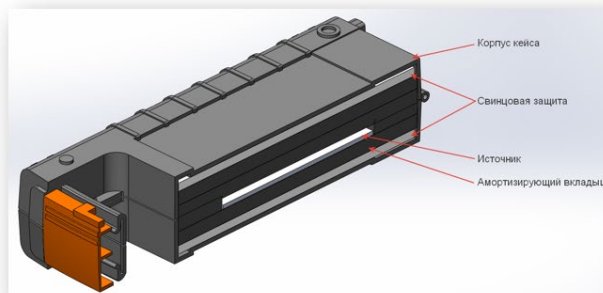
17

Особенность планарных источников – их размер и форма – не позволяет перевозить их в существующей невозвратной упаковке. При таком соотношении ширины и толщины, источники требуют специальной первичной тары, дабы избежать повреждений при транспортировке.

IV. Разработка УКТ для плоскостных источников

Упаковка для источников 70 мм и менее («малая»)

ritverc.com
2021



Индивидуальный кейс для источника

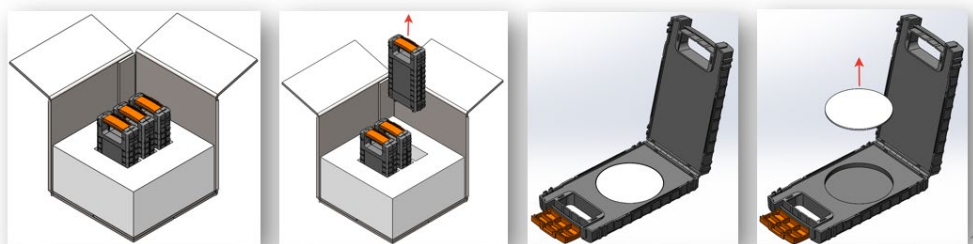


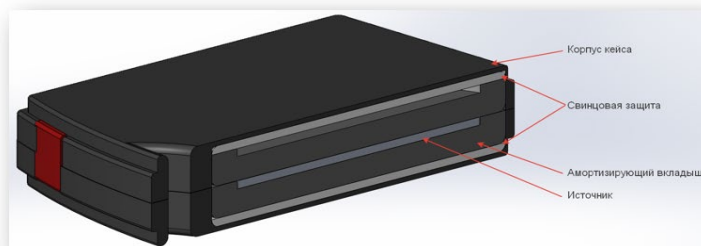
Схема распаковывания УКТ с плоскостным источником до 70 мм

После анализа типоразмеров источников, выпускаемых сейчас на предприятиях, мы разделили их условно на «большие» (более 70 мм) и «малые» (70 мм и менее).

IV. Разработка УКТ для плоскостных источников

Упаковка для источников более 70 мм («большая»)

ritverc.com
2021



Индивидуальный кейс для источника

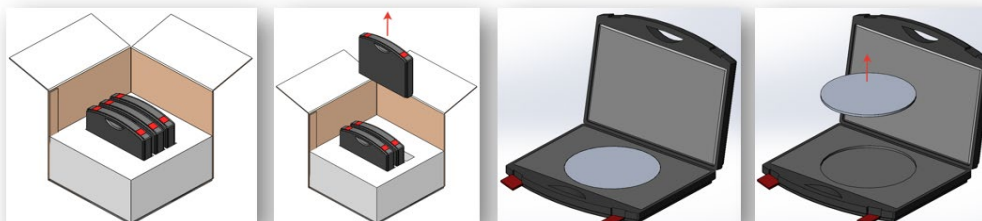


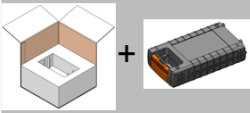
Схема распаковывания УКТ с плоскостным источником более 70 мм

Следуя такой концепции, мы разрабатываем два типоразмера УКТ с большим и малым кейсом. В один кейс можно поместить один источник, однако в сам УКТ допускается упаковать до трёх кейсов. Кейс может обладать свинцовой защитой до 5 мм или быть без защиты вообще, если мощность дозы на поверхности позволяет защиту не использовать.

IV. Разработка УКТ для плоскостных источников

ritverc.com
2021

Технические параметры УКТ для плоскостных источников

Изображение	Код	Габаритные размеры, мм	Максимальные размеры дисковых источников, мм	Максимальные размеры прямоугольных источников, мм	Масса, кг	Радионуклиды
	УКТ3-1-2РТ-М	220x220x230	Ø70	70x100	0,5 – 4	
	УКТ3-2-2РТ-М					
	УКТ3-3-2РТ-М					
	УКТ3-5-2РТ-М					
	УКТ3-1-2РТ-В	480x480x480	Ø200	300x200	4 - 30	Pu-238, Pu-239, U-234, U-238, Sr-90 + Y-90, Am-241, Th-230, H-3, Ni-63, C-14, Tc-99, Co-60, Cs-137, Cl-36
	УКТ3-2-2РТ-В					
	УКТ3-3-2РТ-В					
	УКТ3-5-2РТ-В					

20

Таким образом упаковка для планарных источников состоит из двух отдельных частей – УКТ, в виде картонной коробки с амортизаторами, и индивидуального кейса. Это позволит предприятиям заказывать как полный упаковочный комплект, для отправки его на поверку, так и отдельно кейс, для удобного и безопасного хранения источника.



ritverc.com
2021

Спасибо за внимание!

