

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ И ХРАНЕНИИ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ГРУЗОВ (ЗАЩИТНЫЙ КОНТЕЙНЕР)

*А. А. Бадыгеев, М. П. Кужель, Т. А. Морозова, Е. П. Пономарева,
Ю. Н. Румянцева, Р. М. Тагиров*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров

Введение

Транспортирование и временное хранение изделий, разрабатываемых во ВНИИЭФ и на других объектах ЯОК и являющихся потенциально опасными грузами, осуществляется в универсальных защитных контейнерах (ЗК), которые, согласно предъявляемым к ним требованиям, обеспечивают высокую защищённость упакованных изделий при эксплуатационных воздействиях (атмосферная влага, пыль, инсоляция и т.д.), а также при аварийных воздействиях. Конструкции современных ЗК оснащены техническими средствами для обеспечения безопасности при транспортировании и хранении потенциально опасных грузов, позволяющими исключить или снизить до приемлемых уровней негативные последствия аварийных ситуаций (пожары, падения, действия пуль стрелкового оружия, воздействие ударной волны и осколков от взрывных устройств, комбинация воздействий и т.д.).

Кроме средств защиты от указанных воздействий, ЗК должны оснащаться системой разгерметизации, фильтрации и рециркуляции внутреннего объёма контейнера, системой рекомбинации и поглощения опасных газообразных компонентов, содержащихся в гермообъёме контейнера, системой аппаратного мониторинга состояния упакованного груза и газовой среды, системой дистанционной идентификации и контроля состояния упаковок (СДИК).

Применение защитных контейнеров с установленными системами позволит зна-

чительно снизить или полностью исключить опасность газовых сред, образующихся в гермообъёме контейнеров, осуществлять идентификацию объекта (учетный номер ЗК), контролировать факты несанкционированного вскрытия и воздействия ударов и повышенной температуры, а также снизить возможный ущерб, наносимый авариями, и повысить безопасность обращения с упаковкой потенциально опасного груза в контейнере, особенно при процедурах, связанных со вскрытием упаковки.

Защитные контейнеры (ЗК) для безопасного транспортирования и хранения потенциально опасных грузов

Защитным контейнером (ЗК) является устройство, предназначенное для размещения и защиты потенциально опасного груза от внешних воздействий заданного уровня и осуществления его технического обслуживания, транспортирования и хранения

С точки зрения технического комитета по грузовым контейнерам Международной организации по стандартизации (ISO) контейнер должен обладать следующими свойствами:

- постоянной технической характеристикой и достаточной прочностью для многократного использования;

- специальной конструкцией, обеспечивающей перевозку грузов одним или несколькими видами транспорта без промежуточной выгрузки груза из контейнера;

– приспособлениями, обеспечивающими быструю погрузку, разгрузку и перегрузку с одного вида транспорта на другой;

– конструкцией, которая позволяет легко загружать и выгружать контейнер.

Защитный контейнер является неотъемлемой частью упаковки груза. По определению ГОСТ 17527-2003 упаковкой является средство или комплекс средств, обеспечивающих защиту груза от повреждения и потерь, окружающей среды, от загрязнений, а также обеспечивающих процесс обращения груза.

Требования по безопасности, предъявляемые к ЗК, разработаны с учётом требований правил МАГАТЭ, при этом дополнительно введены требования по устойчивости упаковок к специальным видам воздействий.

Общие требования к конструкции упаковки:

– требования по обеспечению специальных видов безопасности;

– требования по обеспечению безопасности при регламентированных уровнях аварийных воздействий;

– методы испытаний;

– критерии устойчивости упаковок к видам воздействий.

Технические требования, предъявляемые к ЗК в нормальных условиях эксплуатации и при аварийных воздействиях

Основные технические требования, предъявляемые к ЗК в нормальных условиях эксплуатации и при аварийных воздействиях, представлены в табл. 1

Технические средства для обеспечения безопасности при транспортировании и хранении потенциально опасных грузов

На рис. 1 представлена типовая схема конструкции защитной упаковки для хранения и транспортирования потенциально опасных грузов.

Основными составными элементами в структуре системы обеспечения безопасности упаковок являются:

– система дистанционной идентификации и контроля состояния упаковок потенциально опасных грузов в ЗК (СДИК-ЗК);

– система аппаратного мониторинга состояния упакованного груза и газовой среды в гермообъёме контейнера;

Таблица 1

Технические требования, предъявляемые к ЗК

Нормальные условия эксплуатации	Аварийные воздействия
<ul style="list-style-type: none">– Обеспечение транспортирования потенциально опасных грузов, без нарушения их качеств, всеми видами транспорта;– Сохранение регламента погрузочно-разгрузочных работ, размещения и крепления в транспортных средствах;– Герметичность внутренней полости;– Отсутствие ограничений на климатические условия эксплуатации потенциально опасного груза;– Наличие радиационной защиты;– Оснащение средствами защиты, затрудняющими несанкционированное вскрытие контейнера.	<p>ЗК должны обеспечивать безопасность при следующих аварийных воздействиях:</p> <ul style="list-style-type: none">– Пожары производственных зданий, хранилищ и транспортных средств;– Транспортные аварии;– Падение контейнера при проведении погрузочно-разгрузочных работ;– Падение предметов на контейнер;– Затопление контейнера при падении в воду (максимальная глубина затопления до 15 м);– Взрыв соседнего, упакованного в контейнер изделия при групповом размещении упаковок потенциально опасных грузов;– Поражение пулями стрелкового оружия и осколками.

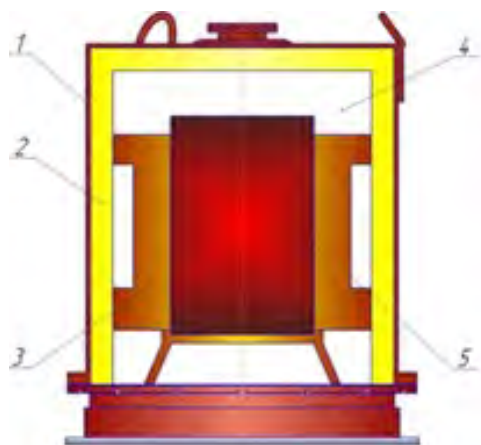


Рис. 1. Типовая схема конструкции защитной упаковки для хранения и транспортирования потенциально опасных грузов:

- 1 – корпус контейнера; 2 – элементы защиты от внешних поражающих факторов;
- 3 – элементы упаковки; 4 – гермообъем контейнера; 5 – упакованный потенциально опасный груз

- система разгерметизации и фильтрации, рециркуляции (принудительной замены газовой среды) внутреннего объема контейнера;

- система поглощения и рекомбинации опасных газообразных компонентов, содержащихся в гермообъеме контейнера.

Конструктивно объем для размещения упаковываемого изделия (груза) в контейнере предполагает наличие достаточного пространства для размещения как самого упаковываемого потенциально опасного груза с элементами упаковки, так и средств контроля и снижения опасности газовых сред. На рис. 2 представлена схема типовой упаковки и контроля потенциально опасного груза с элементами, обеспечивающими снижение потенциальной опасности газовых сред, образующихся во внутреннем объеме защитного контейнера.

Система мониторинга

Основой обеспечения надёжности и безопасности упаковок должна стать система аппаратного мониторинга состояния упакованного груза и его составных частей по результатам постоянной оценки технического состояния и условий эксплуатации. Система должна обеспечить оценку всей совокупности показателей состояния упакованного груза, с учетом которых должны приниматься решения о дополнительных

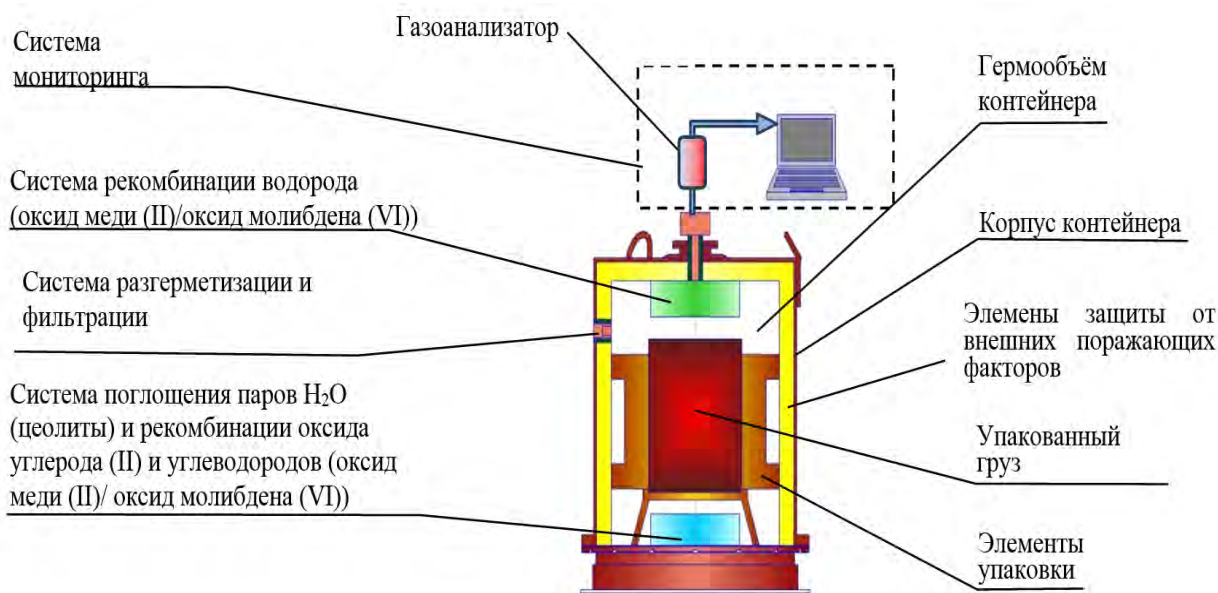


Рис. 2. Общий вид конструкции защитного контейнера для потенциально опасных грузов, оснащённого системами разгерметизации и рециркуляции, рекомбинации, поглощения опасных компонентов газовой среды и мониторинга состояния газовой среды и упакованного груза

испытаниях и проверках работоспособности узлов контейнера, продлению сроков их использования.

Состав газовых сред гермообъема контейнера зависит от используемых конструкционных материалов, условий эксплуатации и проведения регламентных работ (проветривание, замена поглотителей и т.д.), формируется в течение всего жизненного цикла и оказывает непосредственное влияние на надёжность и безопасность потенциально опасных грузов.

Кроме непосредственного влияния на состояние упакованного груза, формирующаяся газовая среда может быть использована как индикатор его состояния и процессов, происходящих внутри гермообъема. При этом следует отметить, что:

- состав газовой среды формируется за счёт выделения и сорбции летучих компонентов, входящих в конструкционные материалы (сорбированные и растворённые газы, технологические растворители);

- состав газов включает в себя газообразные компоненты газовой выделения и химического взаимодействия элементов упакованного потенциально опасного груза;

- при эксплуатационных температурах процессы взаимодействия газовых компонентов между собой не обнаружены, однако при этом происходит увеличение концентрации всех контролируемых компонентов;

- при повышении температуры от плюс 20 °С до плюс 40 °С увеличивается в 3–4 раза скорость газовой выделения и равновесная концентрация выделяемых компонентов, при повышении температуры до плюс 50 °С скорость газовой выделения увеличивается в 5–10 раз по сравнению с температурой плюс 40 °С;

- уровень концентрации выделяемых компонентов зависит от наличия газопоглотителей и проведения регламентных работ со вскрытием гермообъёмов;

- примеси, выделяющиеся в газовую среду, не накапливаются, а адсорбируются на поверхностях деталей, т.е. имеют равно-

весную концентрацию для каждого значения температуры;

- изотопный состав водорода или аэрозолей связан с источником, из которого они выделяются.

Следовательно, контролируя состав и, что, может быть, важнее и информативнее, – динамику изменения газовой среды гермообъема, можно получать сведения о текущем состоянии упакованного груза и условиях его эксплуатации. Поэтому показатели состава газовой среды гермообъема контейнера и динамики его изменения могут быть использованы в качестве факторов, отражающих надёжность и безопасность изделия, а именно:

- снижение концентрации кислорода связано с процессами окисления;

- увеличение концентрации примесных компонентов может быть связано с повышением температуры и/или с заполнением (насыщением) поглощающих элементов, а также с термическим разложением ряда конструкционных материалов;

- скорость изменения концентрации газовых компонентов связана с процессами, протекающими внутри упакованного потенциально опасного груза, а также может зависеть от нарушения целостности гермообъема или его защиты (барьеров) от внешних воздействий.

В состав системы мониторинга должны входить: комплекс измерительных датчиков для контроля температуры, давления, ионизирующих излучений, положения, ускорения, удара и др.; фильтр для связывания, накопления и измерения состава и количества аэрозолей, перекачивающее устройство газовой среды, газоанализатор; программное обеспечение.

Таким образом, система мониторинга позволит проводить постоянный контроль состояния упакованного потенциально опасного груза и газовой среды гермообъема защитного контейнера без вскрытия, тем самым повысив его безопасность в процессе хранения, транспортирования и при аварий-

ных воздействиях, превышающих защитные возможности упаковки.

Система дистанционной идентификации и контроля состояния упаковок потенциально опасных грузов в защитных контейнерах (СДИК)

Система дистанционной идентификации и контроля для ЗК (СДИК-ЗК) предназначена для повышения безопасности обращения с упакованным в ЗК потенциально опасным грузом. При этом система должна позволять дистанционно идентифицировать контейнер (учетный номер ЗК) и проконтролировать факт превышения пороговых значений ударной перегрузки и температуры, действовавших на ЗК в процессе его эксплуатации, а также установить факт вскрытия контейнера. Работы по разработке СДИК-ЗК ведутся совместно с ФНПЦ «НИИИС им. Ю. Е. Седакова».

Система должна обеспечивать работу как в стационарном варианте на диспетчерских и контрольно-пропускных пунктах, так и в переносном варианте, путем последовательного опроса контролируемых объектов.

Система идентификации и контроля состояния объектов основана на получении кодированного ответного сигнала от энергонезависимого транспондера. Вид ответного сигнала определяется номером объекта и состоянием чувствительных элементов (датчиков), подключенных к транспондеру и расположенных внутри контейнера.

Основные характеристики СДИК:

– Последовательная идентификация – до 250 контейнеров. Последовательная идентификация (учетный номер) упаковок с потенциально опасными грузами. Идентификация возможна как дистанционно (по радиоканалу), так и контактным способом (см. фото 1, 2);

– Контроль превышения порогового значения температуры внутри упаковки выше 55 °С;

– Два уровня контроля превышения пороговых значений ускорения – 300g и 500g в 3-х плоскостях при длительности импульса до 2...4 мс;

– Контроль несанкционированного вскрытия контейнера;

– Дистанция контроля до 10 м.

Система разгерметизации, фильтрации и рециркуляции (активный способ снижения опасности газовых сред)

Наряду с осуществлением мониторинга газовой среды гермообъема ЗК и дистанционной идентификации и контроля состояния упаковок потенциально опасных грузов в ЗК, предлагается использовать активный и пассивный способы снижения или полного исключения опасности формирующихся газовых сред. К активному способу можно отнести введение в конструкцию ЗК системы разгерметизации, фильтрации и рециркуляции.

Система разгерметизации, согласно предъявляемым требованиям, должна обеспечивать: герметичность внутренней полости ампулы контейнера в течение срока гарантии ЗК при нормальной эксплуатации, возможность рециркуляции (принудительной замены газовой среды) внутреннего объема контейнера, а также надёжное срабатывание в случае возгорания упакованного груза и/или элементов от температурного фактора при достижении критических значений температуры упакованного груза и (или) избыточного давления внутри ампулы (при безвзрывном горении груза), с обеспечением газооттока продуктов сгорания из ампулы при давлении, не превышающем критическую величину избыточного давления, и сохранение работоспособности при повреждении части системы.

Система разгерметизации и фильтрации (поглощения диспергированных РМ) предназначена для обеспечения снижения загрязнения аэрозольными продуктами горения, которые могут образоваться в резуль-

тате аварийного пожарного воздействия на контейнер, приводящего к возгоранию упакованного опасного груза.

Система разгерметизации и рециркуляции является конструктивным элементом, входящим в силовую схему контейнера и упаковки изделия, и содержит группу предохранительных клапанов, равномерно установленных по окружности в радиальном направлении в плоскости фланцев разъёмов контейнера и клапаны системы рециркуляции.

При достижении в контролируемой системе критического значения температуры, более высокого, чем температура срабатывания предохранительных клапанов, открываются каналы системы клапанов для выхода газов, стравливаемых в атмосферу. При снижении давления внутри контролируемой полости ниже критического уровня, затворы предохранительных клапанов закрываются, не позволяя внешним газам поступать в контролируемую полость. Особенность конструкции разрабатываемой системы разгерметизации заключается в том, что необходимая площадь отверстия для стравливания газов распределяется между большим количеством предохранительных клапанов. С учётом конструкции, геометрических размеров ЗК и выбранной конструктивной схемы системы разгерметизации, в ходе предварительных расчётов, были выбраны конструктивные параметры разрабатываемого клапана предохранительного, которые позволяют обеспечить необходимую суммарную площадь стравливания – 50 см² при выбранном количестве клапанов – 72 шт (из них 70 штук – предохранительные и 2 – рециркуляционные клапаны).

Разработанная конструкция системы разгерметизации, фильтрации и рециркуляции проста и позволяет устанавливать её в имеющемся конструктивном зазоре между фланцами без значительных материальных затрат, является унифицированной и технологичной, не требует существенных дорабо-

ток упаковки, являясь частью силовой схемы. Система может быть изготовлена и поставлена отдельно. Размещение системы разгерметизации, фильтрации и рециркуляции по контуру фланца ЗК исключает вероятность повреждения или перекрытия сразу всех клапанов при падении контейнера.

Была изготовлена и установлена в ЗК опытная система разгерметизации и рециркуляции, которая опробуется в реальных процессах, связанных с тепломеханическими факторами аварийных ситуаций (пожаров). Получены патенты Российской Федерации на изобретения по конструкции защитного контейнера с установленной системой клапанов и фильтрующих элементов [1], [2], [3].

С учетом введенных в конструкцию системы разгерметизации двух рециркуляционных клапанов предложена схема установки для вентиляции и рециркуляции газовой среды внутреннего объёма контейнера (см. рис. 3).

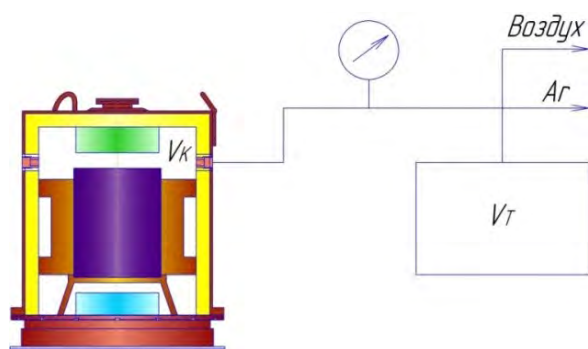


Рис. 3. Схема установки для рециркуляции гермообъема контейнера дозированной подачей воздуха

Вскрытие контейнера производится по следующей технологии [5].

1. Мониторинг состояния контейнера по составу газовой среды на основании газовой пробы. Основные компоненты для диагностирования состояния материала в контейнере – азот, кислород и водород. При наличии кислорода ситуация наиболее благоприятная – обращение с контейнером не требует специальных мер

2. «Промывка» свободного объёма контейнера инертным газом (аргоном). Контейнер вакуумируется до остаточного давления не более 30 мм рт. ст., затем заполняется аргоном до атмосферного давления. Операция проводится не менее двух раз, при этом из контейнера удаляются потенциально пожароопасные газы (прежде всего – водород), способные к реакциям поддержания горения.

3. Дозированная подача воздуха в свободный объём контейнера.

Контейнер с потенциально опасным грузом (V_K) соединяется через вентиль с технологической ёмкостью (V_T). Свободные объёмы контейнера и технологической ёмкости вакуумируются до фиксированного остаточного давления (не более 30 мм рт. ст.), далее технологическая ёмкость заполняется аргоном до величины атмосферного давления. После открытия вентиля аргон распускается на технологическую ёмкость и отвакуумированный контейнер, фиксируется величина равновесного давления аргона в системе $P_{АРГОН}$.

Операция повторяется, но вместо аргона технологическая ёмкость заполняется до атмосферного давления воздухом, измеряется величина равновесного давления воздуха в системе $P_{ВОЗД}$. Выполнение условия $P_{АРГОН} = P_{ВОЗД}$ означает, что в контейнере с подачей воздуха реакции окисления с заметной скоростью не протекают и контейнер может быть вскрыт на открытом воздухе без опасности возгорания. Процедура дозированной подачи воздуха в контейнер повторяется до тех пор, пока не зафиксировано равенство $P_{АРГОН} = P_{ВОЗД}$.

Система рекомбинации и поглощения опасных компонентов газовой среды (пассивный способ снижения опасности газовых сред)

Пассивным способом снижения опасности газовых сред является введение в конструкцию ЗК системы рекомбинации и по-

глощения опасных компонентов газовой среды. При разработке конструкции данной системы в привязке к реальной конструкции защитного контейнера должны соблюдаться следующие требования:

– Система должна иметь минимальный объём;

– Размещение системы обеспечивать эффективное удаление потенциально опасных газов из газовой среды во всём объёме упаковки, с учётом плотности газов. Для более лёгких газов (водород и дейтерий) – в верхней части свободного объёма защитного контейнера, для более тяжёлых (оксид углерода (II), углеводороды) – в нижней части;

– Конструкция системы должна обеспечивать возможность демонтажа для регенерации;

– Материалы, используемые в системе, по возможности должны обеспечить интегрирование своих защитных, демпфирующих и теплоизоляционных характеристик в защитные характеристики конструкции контейнера.

Разработанный способ снижения пожаровзрывоопасности газовых сред состоит:

– в размещении в объёме защитного контейнера химического реагента;

– в химическом взаимодействии реагента с водородом, содержащимся в гермообъёме защитного контейнера, в результате чего он «переходит» в водяные пары;

– во флегматизации газовой среды защитного контейнера оксидом углерода (IV), который образуется за счёт химического взаимодействия углеродсодержащих газообразных продуктов разложения (оксида углерода (II) и углеводородов) органических полимерных материалов системы теплозащиты с реагентами.

В качестве химических реагентов для снижения пожаровзрывоопасности газовых сред защитных контейнеров с потенциально опасными грузами на основании анализа литературных данных и материалов патентно-технического поиска к применению были предложены оксид меди (II) и оксид молиб-

дена (VI). Принцип действия разработанного способа проиллюстрирован на рис. 4.

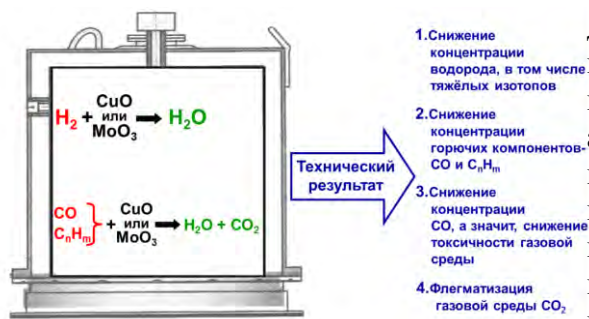


Рис. 4. Принцип действия способа снижения пожаровзрывоопасности газовых сред защитных контейнеров для хранения и транспортирования потенциально опасных грузов $*C_nH_m$ – углеводороды (преимущественно метан)

Представленный способ [4] внесён в Государственный реестр изобретений Российской Федерации. В сочетании с применением цеолитов данный способ также может позволить снизить давление газовой среды в контейнере в процессе его остывания после эвакуации из очага пожара за счет сорбции паров воды.

Заключение

Применение защитных контейнеров с установленными системами позволит значительно снизить или полностью исключить опасность газовых сред, образующихся в гермообъёме контейнеров; осуществлять идентификацию объекта (учетный номер ЗК); контролировать факты несанкционированного вскрытия и воздействия ударов и повышенной температуры; повысить безопасность обращения с контейнером и упакованным опасным грузом, особенно при процедурах, связанных со вскрытием упаковки. Установка технических средств защиты внутри имеющихся серийных контейнеров позволяет решить задачу обеспечения безопасности при транспортировании и хранении потенциально опасного груза и снизить возможный ущерб, наносимый авария-

ми, при этом конструкция контейнера не требует изменений, массогабаритные параметры увеличиваются незначительно. Введение систем: дистанционной идентификации и контроля состояния упаковок потенциально опасных грузов в ЗК (СДИК-ЗК), аппаратного мониторинга состояния упакованного груза и газовой среды в гермообъёме контейнера, разгерметизации, фильтрации, рециркуляции, поглощения и рекомбинации газовых сред в конструкцию ЗК позволяет повысить уровень его защитных качеств без существенных доработок упаковки.

Список литературы

1. Афанасьев В. А., Бадыгеев А. А., Румянцева Ю. Н., Кужель М. П., Тагиров Р. М. Защитный контейнер для хранения и транспортирования взрывчатых веществ и изделий, содержащих ВВ. / Патент РФ 127993.
2. Афанасьев В. А., Бадыгеев А. А., Кужель М. П., Тагиров Р. М. Защитный контейнер для перевозки взрывчатых веществ и изделий, содержащих взрывчатые вещества. / Патент РФ 91363. Опубликовано 10.02.2010.
3. Афанасьев В. А., Бадыгеев А. А., Возлеева А. Ю., Кужель М. П., Румянцева Ю. Н., Тагиров Р. М. Защитный контейнер для хранения и транспортирования радиационно-, пожаро-, взрывоопасных грузов. / Патент РФ 2580518.
4. Сухаренко В. И., Морозова Т. А., Афанасьев В. А. и др. Способ снижения пожаровзрывоопасности газовой среды контейнеров с экологически опасными химически активными материалами / Патент РФ 2415484. Опубликовано 27.03.2011. Бюл. № 9.
5. Куранов В. В. Обеспечение пожаро- и взрывобезопасных условий при работе с ураном после длительного хранения в герметичной таре. Информационный бюллетень «Безопасность в ядерном оружейном комплексе» № 5-2009, стр. 87–89.