



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2005135614/06, 16.11.2005

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.11.2005

(45) Опубликовано: 27.05.2007 Бюл. № 15

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2213382 C1, 27.09.2003. GB 1287400
A, 31.08.1972. RU 2146402 C1, 10.03.2000.

Адрес для переписки:

456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул.
Васильева, 13, а/я 245, ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ
им. акад. Е.И. Забабахина", Отдел интеллект.
собственности, Г.В. Бакалову

(72) Автор(ы):

Горин Николай Владимирович (RU),
Краев Василий Сергеевич (RU),
Кандиев Ядгар Закирович (RU),
Чернухин Юрий Илларионович (RU),
Ромашевский Александр Владимирович (RU),
Воробьев Анри Иванович (RU),
Давиденко Николай Никифорович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное унитарное
предприятие "Российский государственный
концерн по производству электрической и
тепловой энергии на атомных станциях" (ФГУП
концерн "Росэнергоатом") (RU),
Федеральное государственное унитарное
предприятие "Российский Федеральный
Ядерный Центр-Всероссийский Научно-
Исследовательский Институт Технической
Физики им. акад. Е.И. Забабахина"(ФГУП "РФЯЦ-
ВНИИТФ им. акад. Е.И. Забабахина") (RU),
Открытое акционерное общество "Уральский
завод химического машиностроения" (ОАО
"Уралхиммаш") (RU)

(54) КОНТЕЙНЕР ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И/ИЛИ ХРАНЕНИЯ ОТРАБОТАВШЕГО
ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

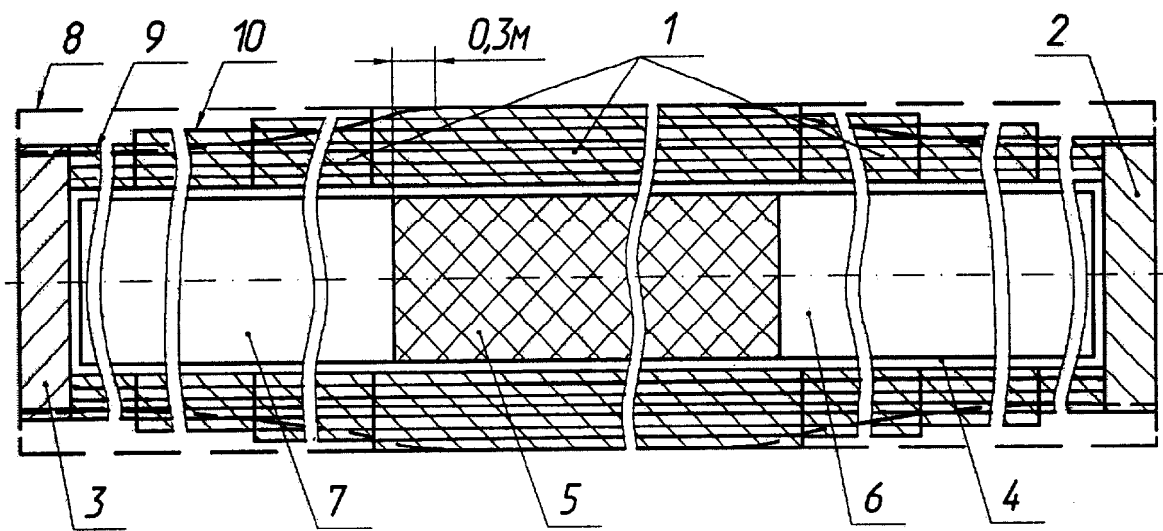
(57) Реферат:

Изобретение относится к передвижным
защитным контейнерам и предназначено для
транспортирования и/или хранения отработавшего
ядерного топлива. Контейнер для
транспортирования и/или хранения отработавшего
ядерного топлива содержит крышку, днище,
соединенное с корпусом, выполненным из
отдельных секций, включающих рулоны из гибкого

листового материала. Рулоны секций выполнены с
разным количеством витков. Количество витков
зависит от радиоактивности и распределения по
длине контейнера предполагаемого загружаемого
топлива. Изобретение позволяет облегчить
транспортировку транспортного упаковочного
контейнера в тех частях контейнера, где
конструктивно радиоактивность загружаемого
отработавшего ядерного топлива меньше. 1 ил.

RU 2 300 154 C1

RU 2 300 154 C1



RU 2300154 C1

RU 2300154 C1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2005135614/06, 16.11.2005**(24) Effective date for property rights: **16.11.2005**(45) Date of publication: **27.05.2007 Bull. 15**

Mail address:

**456770, Cheljabinskaja obl., g. Snezhinsk,
ul. Vasil'eva, 13, a/ja 245, FGUP "RFJaTs-
VNIITF im. akad. E.I. Zababakhina", Otdel
intellekt. sobstvennosti, G.V. Bakalovu**

(72) Inventor(s):

**Gorin Nikolaj Vladimirovich (RU),
Kraev Vasilij Sergeevich (RU),
Kandiev Jadgar Zakirovich (RU),
Chernukhin Jurij Illarionovich (RU),
Romashevskij Aleksandr Vladimirovich (RU),
Vorob'ev Anri Ivanovich (RU),
Davidenko Nikolaj Nikiforovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
predpriyatie "Rossijskij gosudarstvennyj
kontsern po proizvodstvu ehlektricheskoy i
teplovoj ehnergii na atomnykh stantsijakh"
(FGUP kontsern "Rosehnergoatom") (RU),
Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe
predpriyatie "Rossijskij Federal'nyj Jadernyj
Tsentr-Vserossijskij Nauchno-
Issledovatel'skij Institut Tekhnicheskoy
Fiziki im. akad. E.I. Zababakhina"(FGUP
"RFJaTs-VNIITF im. akad. E.I. Zababakhina") (RU),
Otkrytoe aktsionernoe obshchestvo "Ural'skij
zavod khimicheskogo mashinostroenija" (OAO
"Uralkhimash") (RU)**

(54) **CONTAINER FOR SHIPMENT AND/OR STORAGE OF SPENT NUCLEAR FUEL**

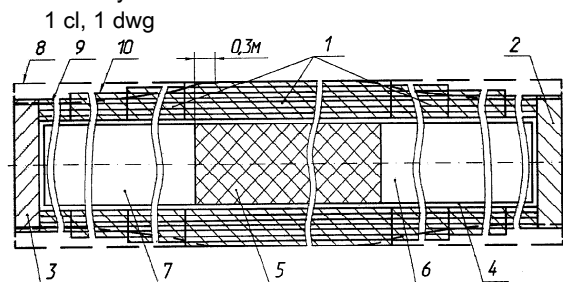
(57) Abstract:

FIELD: mobile shielding containers for shipment and/or storage of spent nuclear fuel.

SUBSTANCE: proposed container designed for shipment and/or storage of spent nuclear fuel has cover and bottom joined with its body which is built of separate sections incorporating flexible sheet material rolls. These rolls have different number of turns depending on radioactivity of fuel to be loaded and its distribution over container length.

EFFECT: facilitated transport of container

parts designed to hold spent nuclear fuel whose radioactivity is lower.



Область техники

Изобретение относится к передвижным защитным контейнерам и предназначено для транспортирования и/или хранения отработавшего ядерного топлива.

Предшествующий уровень техники

5 Известны контейнеры для транспортирования и хранения отработавшего ядерного топлива (ОЯТ):

-ТК-6 (транспортный комплект) - для ОЯТ ВВЭР-440;

-ТК-8 - для ОЯТ РБМК-1000;

-ТК-11 - для ОЯТ БН-350 и БН-600;

10 -ТК-13 - для ОЯТ ВВЭР-1000;

-ТК-18 - для ОЯТ энергетических установок

(Ежемесячный теоретический и научно-технический журнал Министерства РФ по атомной энергии Ядерного общества России и Российской Академии Наук, "Атомная Энергия", том 89, вып.4, октябрь 2000, с.273-284, "Длительное хранение и
15 транспортирование отработавшего ядерного топлива").

В конструкции корпусов вышеперечисленных контейнеров применяются дорогостоящие, толстостенные (до 350 мм) поковки. Все эти контейнеры имеют форму цилиндра. Стенки у
каждого контейнера постоянной толщины. Эти ТК создавались в 1983-1991 гг. и срок их
службы, составляющий 20 лет, истекает в 2011 г., и поэтому требуется их замена и
20 модернизация. Помимо современных требований по безопасности, изложенных в
«Правилах безопасности при транспортировке радиоактивных материалов» (НП-053-04) и
касающихся обеспечения ядерной и радиационной безопасности, работоспособности и
надежности при нормальных и аварийных условиях эксплуатации к новым контейнерам
будут предъявляться требования, оптимизирующие его массу и стоимость, по следующим
25 трем причинам:

1. Ограничения по массе из-за возможностей транспортных средств, которыми
перевозится ТУК. Так, например, транспортировка транспортного упаковочного контейнера
(ТУК) с отработавшими тепловыделяющими сборками (ОТВС) Белоярской АЭС на
железнодорожной платформе с двумя 4-осными грузовыми тележками проводится без
30 ограничений при массе контейнера до 100 т. При большей массе необходимо либо
ограничивать скорость движения ж/д состава и уменьшать ресурс грузовых тележек, либо
создавать уникальный 12-осный ж/д транспортер, использование которого в условиях
российских железных дорог будет заведомо ограничено из-за его большой длины. При
перевозке ТУК с ОТВС Билибинской АЭС автомобильным транспортом по зимникам или
35 бездорожью в условиях Крайнего Севера масса груза ограничена величиной 50 т.

2. Ограничения по массе из-за возможностей погрузо-разгрузочных механизмов,
имеющихся на АЭС и пунктах перегрузки или приема ОЯТ. Так, например, при перевозке
ТУК с ОТВС реактора БН-350 из г.Актау в г.Курчатов (Национальный ядерный центр
Республики Казахстан) масса ТУК ограничена величиной 30 т - максимальной
40 грузоподъемностью имеющегося крана.

3. Стоимость ТУК во многом определяется затратами на приобретение стали, из которой
изготовлен его корпус, поэтому минимизация массы немаловажный фактор при
проектировании ТУК. Его удешевление происходит за счет снижения материалоемкости.

Известен контейнер для транспортировки и/или хранения ОЯТ, содержащий
45 металлические наружную и внутреннюю цилиндрические оболочки с днищами, полость
между которыми заполнена тяжелым бетоном, и герметичное перекрытие. Герметичное
перекрытие выполнено в виде двух крышек, установленных одна над другой на общем
основании и образующих с последним два концентричных герметизирующих контура.
Внутри бетонного заполнителя (вставки) с зазором относительно наружной цилиндрической
50 оболочки размещено армирование в виде решетки, состоящей из кольцевых и продольных
элементов, соединенных с днищем наружной оболочки и основанием крышек. Между
решеткой и внутренней цилиндрической оболочкой с зазором относительно последней
установлен экранирующий силовой стакан, соединенный с основанием крышек и связанный

с решеткой стержнями (Патент РФ № 2084975, G21F 5/008, публ. 20.07.97).

Основной его недостаток связан с невозможностью создания металлобетонного контейнера длиной более 10 м, обладающего достаточной механической прочностью при нормальных и аварийных условиях эксплуатации, в то время как для некоторых ОТВС
5 длиной более 10 м требуется соответствующая длина контейнера. Другим недостатком можно назвать большую материалоемкость и вес свыше 100 тонн, если изготовить контейнер длиной 10 м, что влечет повышенные требования к средствам транспортировки контейнера.

В качестве прототипа был выбран контейнер для транспортировки и/или хранения ОЯТ
10 (патент РФ № 2213382, G21F 5/008, опубл. 27.09.2003). Контейнер содержит корпус в виде коаксиально расположенных наружной и внутренней оболочек, соединенных с днищем, и крышку, при этом пространство между оболочками заполнено рулоном из гибкого листового материала.

Корпус выполнен из отдельных секций, жестко и герметично соединенных по торцевым
15 поверхностям между собой.

Контейнер имеет цилиндрическую форму, рассчитан и спроектирован на обеспечение защиты персонала от излучения ОТВС и предохранения внутреннего содержимого ТУК от воздействий извне при нормальных и аварийных условиях перевозки. Рассчитав
20 необходимую толщину стенки контейнера напротив центра активной части ОТВС, сохраняли ее неизменной по всей длине контейнера. Однако активность ОТВС на протяжении ее длины разная и это приводит к тому, что мощность дозы гамма-излучения на поверхности ТУК напротив центра активной части (как требуют нормативные документы) не более ~ 2 мЗв/ч, а мощности дозы гамма-излучения напротив хвостовика и головки под захват значительно меньше. Таким образом, защита от излучения в области хвостовика и
25 головки под захват неоправданно завышена.

Недостатком контейнера-прототипа является излишне большая масса контейнера.

Раскрытие изобретения

ОТВС любого энергетического реактора всегда содержит три основных составляющих - центральную активную часть, в составе которой находится делящийся материал, в котором
30 выделяется энергия при работе реактора; и по ее краям две других инертных части, не содержащих делящегося материала, - хвостовик и головку под захват. Основным источником излучения, от которого необходимо защищаться толстыми стенками ТУК, являются осколки деления, локализованные в активной части ОТВС. Излучение хвостовика и головки под захват обусловлено наведенной активностью и существенно ниже, чем
35 излучение активной части.

При транспортировке ОТВС стремятся отрезать части, не содержащие делящийся материал, и обслуживать образовавшиеся «твердые радиоактивные отходы» и отработавшее ядерное топливо отдельно друг от друга, в соответствии с уровнями их
40 излучения. Однако разделка дорогая и опасная операция, она не всегда возможна и большей частью приходится транспортировать и хранить неразделанные ОТВС.

Диапазон линейных размеров ОТВС $\sim (8-14)$ м, а соответствующие массы контейнеров, перевозящих ОТВС, $\sim (50-100)$ т.

Задачей настоящего изобретения является создание облегченного рулонированного контейнера с сохранением его характеристик по безопасности и прочности.

Технический результат заключается в облегчении ТУКа в тех частях контейнера, где конструктивно радиоактивность загружаемого ОЯТ меньше, в универсальности ТУКа для ОЯТ с различной конфигурацией расположения радиоактивных зон по длине контейнера. В
45 случае, когда зоны ОЯТ с меньшей радиоактивностью находятся на концах контейнера, повышается удароустойчивость ТУКа при падении его в аварийной ситуации.

Для решения поставленной задачи предлагается контейнер для транспортирования и/или хранения отработавшего ядерного топлива, содержащий крышку, днище,
50 соединенное с корпусом, выполненным из отдельных секций, включающих рулоны из гибкого листового материала. Секции жестко и герметично соединены по торцевым

поверхностям между собой. Согласно изобретению рулоны секций выполнены с разным количеством витков, зависящим от радиоактивности и распределения по длине контейнера предполагаемого загружаемого топлива.

5 Облегчение ТУКа по сравнению с прототипом происходит за счет уменьшения количества витков в рулонах ячеек, находящихся в тех частях контейнера, где конструктивно радиоактивность загружаемого ОЯТ меньше. Это позволяет изготавливать облегченные корпуса по рулонированной технологии из гибкого листового материала.

10 Универсальность ТУКа для ОЯТ с различной конфигурацией расположения радиоактивных зон по длине контейнера заключается в том, что ТУКи, изготовленные по описываемой технологии, могут быть разной формы, которая зависит от конфигурации расположения активных зон ОЯТ. При расчетах ТУКа для транспортировки нестандартного ОЯТ вносятся поправки в толщину отдельных секций ТУКа, увеличивается количество витков в рулонах, находящихся в зоне наибольшей активности, и уменьшается количество витков в рулонах в зоне уменьшения активности. Расчет прочности, входящий в
15 технологию для каждого варианта ТУКа, позволяет выбирать для него наиболее оптимальную форму.

Технический результат повышения удароустойчивости ТУКа в аварийной ситуации наиболее показательно рассмотреть при его падении, когда зоны ОЯТ с меньшей радиоактивностью находятся на концах ТУКа. Для усложнения условий испытания его
20 проводят при падении с высоты 1 м на штырь, корпус ТУК испытывает напряжения от изгибающего момента в средней части конструкции, обусловленные колебаниями по первой форме и приводящие к пластическим деформациям и искривлению. Ступенчатый корпус ТУК будет испытывать меньшие напряжения от изгибающего момента в средней части конструкции, чем корпус ТУК с постоянной толщиной стенки. Действительно, при
25 ударе о штырь серединой корпуса, где находится центр масс ТУК, обе половины корпуса, расположенные по разные стороны от штыря, своими массами будут формировать силы изгиба (в нашем случае каждая из них равна произведению массы половины корпуса ТУК на ускорение, с которым он падает на штырь). Изгибающий момент равен произведению силы изгиба на плечо действия силы. В нашем случае плечо - это расстояние от точки
30 касания со штырем до центра масс каждой из половин корпусов ТУК, расположенных по разные стороны от штыря.

Масса ТУК со ступенчатым корпусом меньше, чем масса ТУК с цилиндрическим корпусом и постоянной толщиной стенки. Расстояние между центром массы ТУК и центром масс любой из его половин для ТУК со ступенчатым корпусом меньше, чем для ТУК с
35 цилиндрическим корпусом. Поэтому величина изгибающего момента для ТУК со ступенчатым корпусом будет меньше, чем для ТУК с цилиндрическим корпусом. Следовательно, будет меньше и напряжение от изгибающих моментов. Таким образом, повышается удароустойчивость ТУКа при падении на штырь.

Краткое описание фигур и чертежей

40 Предлагаемый контейнер для транспортирования и/или хранения отработавшего ядерного топлива иллюстрируется чертежом.

Варианты осуществления изобретения

Контейнер содержит корпус, собранный из секций 1, каждая из которых заполнена радиационно-защитающим рулоном из гибкого листового материала, днища 2 и крышки 3.
45 Секции 1 соединены друг с другом с помощью сварки. Соединение корпуса с днищем 2 осуществляется сваркой. В центральной полости 4 контейнера расположена сборка ОТВС, у которой показана активная часть 5, хвостовик 6 и головка под захват 7. Для создания ступенчатого ТУК изготавливают секции 1 в виде рулонов из гибкого листового материала с разным количеством витков одинакового внутреннего и разного внешнего диаметра и
50 затем сваривают их так, чтобы получить ТУК требуемой конфигурации.

Если секции 1 имеют одинаковые внешние диаметры, то, как в прототипе, внешняя оболочка будет иметь цилиндрическую форму, как показано линией 8.

При изготовлении секций 1 в виде колец одинакового внутреннего и разного внешнего

диаметра наружная оболочка контейнера будет иметь ступенчатую форму, как показано линией 10.

Выбор профиля и геометрических размеров наружной поверхности ТУК производится вначале расчетным путем, обеспечивая ядерную и радиационную безопасность.

5 Обоснование ядерной и радиационной безопасности проводят, например, методом Монте-Карло по программе ПРИЗМА.Д с библиотекой MCNP (RSICC Computer Code Collection, MCNP-4A. Monte-Carlo N-Particle Transport Code System. Los Alamos, 1993). Затем профиль и размеры задают окончательно при конструировании, обеспечивая механическую прочность, герметичность и технологичность всей конструкции.

10 Программа ПРИЗМА.Д является модификацией программы ПРИЗМА (ПРОхождение ИЗлучения через МАтериалы) - базовой программы РФЯЦ-ВНИИТФ для расчета переноса частиц методом Монте-Карло. При решении неоднородного уравнения переноса распределение источников частиц может быть точечным, линейным, поверхностным или
15 объемным. Оценка функционалов от решения уравнения переноса производится на любых геометрических поверхностях системы и внутри ее областей. На поверхностях рассчитываются токи и потоки частиц. Внутри геометрических областей вычисляются плотность и поток частиц, плотность столкновений, число актов взаимодействия заданного типа, поглощенная энергия и ряд других функционалов. Все перечисленные функционалы могут быть дифференциальными по пространству, направлению полета
20 частиц, их энергии и времени жизни. Применение программы ПРИЗМА.Д для решения задач, связанных с прохождением нейтронов и гамма-квантов через разные материалы, описано в опубликованных работах (Arnautova M.A., Kandiev Ya.Z., Lukhminsky B.E., Malishkin G.N. «Monte-Carlo simulation in nuclear geophysics. Incomparision of the PRIZMA Monte-Carlo Program and benchmark experiments» // Nucl. Geophys, 1993. V.7. № 3. P.407-418; Кандиев Я.З., Серова Е.В. «Меченные частицы в расчетах переноса излучения методом Монте-Карло по программе ПРИЗМА» // АЭ, т.98, вып.5, 2005, с.386-393).

Выбирают расчетную конфигурацию ТУК в форме цилиндра с постоянной толщиной стенки. Первоначально толщину стенки задают по справочнику (Л.Р.Киммель и
30 В.П.Машкович. «Защита от ионизирующих излучений.» М., Атомиздат, 1972) с учетом измеренной мощности гамма-излучения от наиболее активной ОТВС. По мере расчетов подбирают толщину стенки корпуса ТУК так, чтобы на уровне центра активной части ОТВС (в наиболее опасном месте) мощность дозы в соответствии с требованиями действующих правил (например, правил МАГАТЭ и Правил безопасности при транспортировании
35 радиоактивных материалов НП-053-04) не превышала при нормальных условиях эксплуатации 2 мЗв/ч в любой точке на поверхности ТУК и 0,1 мЗв/ч в любой точке на расстоянии 2 м от поверхности ТУК, а в аварийных ситуациях 10 мЗв/ч на расстоянии 1 м от поверхности ТУК.

Подобранную толщину стенки рассматривают как максимально возможную (линия 8).
40 Вычисляют массу ТУК при этой толщине стенки и принимают решение о необходимости и величине ее уменьшения.

Сохраняют полученную толщину стенки на уровне середины активной части ОТВС, уменьшают ее по мере удаления от середины и приближения к краю активной части 5
ОТВС. Начиная примерно за 0,3 м до края активной части 5, подбирают плавный профиль поверхности ТУК (линия 9) так, чтобы на всей этой поверхности расчетная мощность дозы
45 равнялась 2 мЗв/ч и 0,1 мЗв/ч в любой точке на расстоянии 2 м от поверхности ТУК. При проведении расчетов все погрешности в выгорании топлива и его активности, в ядерных константах, в погрешностях дозиметрической аппаратуры и т.д. округляют в сторону увеличения толщины стенки ТУК, чтобы не нарушить требования действующих правил
50 безопасности. Полученные толщины стенки рассматривают как минимально возможные.

Конструктивно задают число и размер «ступенек» на поверхности ТУК так, чтобы толщина стенки контейнера была между максимальным и минимальным размерами (линия 10). При конструировании за счет оптимизации количества и размеров секций

обеспечивают в штатных и аварийных ситуациях механическую прочность всей конструкции, прочность сварных соединений между секциями разного размера, герметичность, срок службы, технологичность и стоимость.

Расчет биологической защиты методом Монте-Карло по программе ПРИЗМА.Д с библиотекой MCNP для осесимметричной модели ТУК для ОТВС Билибинской АЭС и 5 Белоярской АЭС показал, что ТУК как с постоянной толщиной стенки, так и при ее ступенчатой конструкции удовлетворяет критериям радиационной и ядерной безопасности. При нормальных условиях эксплуатации мощность эквивалентной дозы гамма-излучений не превышает 2 мЗв/ч в любой точке на поверхности ТУК и 0,1 мЗв/ч в любой точке на 10 расстоянии 2 м от поверхности ТУК.

Промышленное применение

Полностью загруженный ТУК для ОТВС БАЭС с постоянной толщиной стенки будет иметь массу 110 т, а ступенчатый - 99 т. Это дает преимущества при транспортировке по железной дороге, так как транспортировка ТУК с ОТВС на железнодорожной (ж/д) 15 платформе массой до 100 т проводится без ограничений. Полностью загруженный ТУК для ОТВС БиАЭС будет иметь массу 54 т, а ступенчатый ТУК - 48 т. Тем самым снимаются ограничения по массе при перевозке ТУК автомобильным транспортом по бездорожью в условиях Крайнего Севера, где масса груза ограничена 50 т.

Расчетным путем было доказано, что все защитные свойства контейнера-прототипа, 20 прошедшего полномасштабные испытания, сохранены.

Формула изобретения

Контейнер для транспортирования и/или хранения отработавшего ядерного топлива, содержащий крышку и днище, соединенные с корпусом, выполненным из отдельных 25 секций, включающих рулоны из гибкого листового материала, отличающийся тем, что рулоны секций выполнены с разным количеством витков, зависящим от радиоактивности и распределения по длине контейнера предполагаемого загружаемого топлива.

30

35

40

45

50