

Краткий обзор новых патентов на оборудование для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива

Е. М. Шутова

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводский государственный университет (ПетрГУ) и ОАО «Петрозаводскмаш» с 2010 года реализуют комплексный проект по созданию высокотехнологичного ресурсосберегающего производства экологически безопасных транспортно-упаковочных комплектов для перевозки и хранения отработавшего ядерного топлива [1], [9], [10]. Целью данного проекта является разработка современной конкурентоспособной не только на отечественном, но и мировом рынках конструкции транспортно-упаковочного комплекта для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива повышенной вместимости, а также налаживание их выпуска на Российском машиностроительном предприятии ОАО «Петрозаводскмаш».

В числе результатов проделанной в рамках реализации данного проекта работы следует отметить найденные новые технические решения [2], [3], [4], [5], [6] в отношении конструкций транспортно-упаковочных комплектов для перевозки и хранения отработавшего ядерного топлива, защищенные патентами Российской Федерации.

Работе по поиску новых технических решений предшествовал патентно-информационный поиск, позволивший провести анализ существующих отечественных и зарубежных разработок конструкций транспортно-упаковочных комплектов для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива. В ходе которого были собраны общие данные о транспортно-упаковочных комплектах, в том числе: основные выполняемые функции, требования к его конструкции, функциональному назначению, требования безопасного обращения, экологические требования и т.п. Было установлено, что совершенствование конструкций транспортно-упаковочных комплектов направлено на поиск решений по увеличению срока их службы, увеличение полезного объема (вместительности отработавшего ядерного топлива) при ограничениях по габаритным размерам и массе, накладываемых условиями транспортировки, повышение прочностных показателей конструкции, ее надежности и эксплуатационной безопасности, а также поиск технических решений дающих более выгодные технико-экономические показатели транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива [7].

Транспортно-упаковочный комплект, это сложное высокотехнологичное устройство, конструкция которого должна обладать высокими технико-экономическими показателями, обеспечивать хорошие радиационно-защитные свойства, отвечающие современным экологическим и санитарным требованиям, и при этом обеспечивать безопасную эксплуатацию, в том числе, и при аварийных ситуациях, возможных в процессе его эксплуатации.

Транспортно-упаковочный комплект состоит из контейнера и устанавливаемых на его внешней поверхности специальных демпфирующих устройств. Внутри контейнера размещаются тепловыделяющие сборки с отработавшим ядерным топливом. Поскольку отработавшее ядерное топливо является источником повышенного радиоактивного излучения, то для предотвращения попадания его в окружающую среду и защиты обслуживающего персонала к данным техническим устройствам предъявляются довольно жесткие требования по обеспечению радиационной безопасности. Для предотвращения попадания в окружающую среду недопустимо большой интенсивности радиоактивного излучения в конструкции контейнера предусматривается специальная нейтронная защита.

Как правило, контейнер состоит из внутренней и внешней оболочек, между которыми размещен нейтронно-защитный материал, для защиты окружающей среды и обслуживающего персонала от радиоактивного излучения, а также теплоотводящие элементы для предотвращения перегрева содержимого контейнера.

Как отмечается в работах [3], [4] недостатки существующих конструктивных исполнений нейтронной защиты заключаются в сложности ее изготовления, например, у известного контейнера «Castor» полости для нейтронной защиты выполняются глубоким сверлением корпуса со стороны дна при этом отверстия выполняются в шахматном порядке, что требует высокой точности изготовления. Кроме того, повышение активности топлива приводит к необходимости увеличения диаметра отверстий и соответственно толщины стенки корпуса. Другой пример, в конструкции предлагаемых в патентах RU 2348085 и JP 2008082906 сложность связана с тем, что через материал для поглощения нейтронов пропущены элементы с высокой теплопроводностью, служащие для лучшего отвода тепла от тепловыделяющих сборок к наружной поверхности контейнера. Данные элементы требуют специальных крепежных операций для их соединения с внутренней и внешней оболочкой, что увеличивает трудоемкость работ по изготовлению контейнера, кроме того, возможно попадание быстрых нейтронов в окружающую среду через теплоотводящие элементы, соединяющие внешнюю и внутреннюю оболочки и проходящие сквозь нейтронно-поглощающий материал.

К настоящему времени Петрозаводский государственный университет является обладателем двух патентов на полезную модель [3], [4], касающихся конструктивного исполнения контейнера, входящего в состав транспортно-упаковочного комплекта для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива.

В работе [3] предлагается конструкция устройства для хранения и транспортировки отработавшего ядерного топлива, включающая полый внутренний стакан для размещения отработавшего ядерного топлива и внешнюю обечайку, между которыми размещен материал для поглощения нейтронов, отличающаяся тем, что между внутренним стаканом и наружной обечайкой смонтирована дополнительная обечайка цилиндрической формы, внутренняя поверхность которой выполнена по форме внешней поверхности внутреннего стакана, а внешняя ее поверхность выполнена по форме внутренней поверхности внешней обечайки, при этом материал для поглощения нейтронов размещен в продольных каналах, выполненных на внешней и внутренней поверхностях дополнительной обечайки.

Технический результат предлагаемого устройства [3] для хранения и транспортировки отработавшего ядерного топлива заключается в том, что обеспечиваются хорошие радиационно-защитные свойства, хороший отвод тепла от внутренней к внешней оболочке, упрощается конструкция, облегчается процесс сборки, повышается технологичность изготовления. Достигается данный технический результат тем, что между внутренним стаканом и наружной обечайкой смонтирована дополнительная обечайка цилиндрической формы, внутренняя поверхность которой выполнена по форме внешней поверхности внутреннего стакана, а внешняя ее поверхность выполнена по форме внутренней поверхности внешней обечайки, при этом материал для поглощения нейтронов размещен в продольных несквозных каналах, выполненных на внешней и внутренней поверхностях дополнительной обечайки.

В работе [4] предлагается конструкция устройства для хранения и транспортировки отходов ядерного топлива, включающая полый внутренний стакан для размещения отходов ядерного топлива, внешнюю обечайку с днищем и размещенную между ними защиту от нейтронного излучения, отличающееся тем, что дно внутреннего полого стакана и днище внешней обечайки разделены дополнительным поглотителем нейтронов и соединены между собой специальными крепежными элементами, проходящими сквозь дополнительный поглотитель нейтронов.

Технический результат от применения предлагаемого в работе [4] устройства заключается в улучшении отвода тепла через днище от внутренней оболочки к внешней при обеспечении

высоких радиационно-защитных свойств от нейтронного излучения и надежном креплении внутреннего полого стакана и внешней обечайки.

Достигается технический результат тем, что дно внутреннего полого стакана и днище внешней обечайки разделены дополнительным поглотителем нейтронов и соединены между собой специальными крепежными элементами, проходящими сквозь дополнительный поглотитель нейтронов, который будет препятствовать выходу быстрых нейтронов за пределы внешней оболочки контейнера через ее днище, а специальные крепежные элементы, проходящие сквозь дополнительный поглотитель нейтронов будут выполнять роль теплоотводящих элементов и тем самым способствовать лучшему отводу тепла, выделяемого отработавшим ядерным топливом, к внешней оболочке контейнера.

Благодаря новизне предлагаемых в работах [3], [4] конструкций нейтронной защиты устройства для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива повысится технологичность изготовления данных устройств, улучшится отвода тепла от внутренней оболочки контейнера к его внешней оболочке при обеспечении хорошей защиты окружающей среды от нейтронного излучения, что будет способствовать повышению технико-экономических показателей.

Среди найденных новых технических решений [2], [5], [6] следует также выделить технические решения в отношении конструкции демпфирующих устройств. Демпфирующие устройства, устанавливаемые на наружных торцевых поверхностях контейнера, являются важной частью транспортно-упаковочного комплекта и служат для снижения вредного воздействия внешней ударной силы при возникновении аварийной ситуации и защиты тем самым содержимого контейнера от разрушения.

Так в работе [2] предложена конструкция демпферного устройства контейнера для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива, включающая металлическую оболочку со слоями из деревянных демпфирующих элементов, отличающаяся тем, что между слоями из деревянных демпфирующих элементов расположен, по меньшей мере, один дополнительный демпфирующий слой, выполненный из металлических элементов, при этом каждый из них имеет трубчатое сечение.

В результате того, что между слоями из деревянных демпфирующих элементов расположен, по меньшей мере, один дополнительный демпфирующий слой, состоящий из нескольких элементов, каждый из которых имеет трубчатое сечение достигается синергетический эффект при котором все сочетающиеся демпфирующие слои более эффективно выполняют демпфирующие функции. В результате достигаемого синергетического эффекта гасится негативное воздействие от вероятного удара, вследствие чего, резко снижается вероятность негативных последствий от такого удара при падении контейнера.

В работе [5] предложена конструкция демпфера контейнера для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива, состоящая из цилиндрического металлического кожуха, в котором размещен демпфирующий материал, отличающаяся тем, что в качестве демпфирующего материала используются элементы из модифицированной путем гнутья древесины, уложенные по меньшей мере в один ряд, причем каждый из этих элементов помещен в собственный металлический кожух, выполненный по форме соответствующего элемента.

Наличие у каждого элемента, изготовленного из модифицированной путем гнутья древесины, собственного металлического кожуха будет способствовать возникновению синергетического эффекта при котором демпфирующие элементы будут более эффективно выполнять заданные им функции. При нагружении деревянных элементов внешней силой происходит их деформация, выражающаяся в поперечном расширении, вследствие которой снижается их способность поглощать и рассеивать энергию удара. Металлический кожух будет удерживать заключенные в него элементы, изготовленные из модифицированной путем гнутья древесины от деформаций в поперечном направлении, что повысит упругие свойства демпфирующих элементов и будет способствовать повышению их эффективности при поглощении и рассеивании вредной энергии

возможного в результате неаккуратного обращения или возникновения аварийной ситуации при эксплуатации контейнера для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива удара. В работе [6] предложена конструкция защитно-демпфирующего устройства контейнера, состоящая из металлической оболочки, в которой размещен демпфирующий наполнитель из уложенных слоями отрезков древесины, отличающееся тем, что в каждом слое древесины смежные отрезки древесины имеют различное направление волокон: продольное, радиальное и тангенциальное.

Учитывая то, что физико-механические свойства древесины существенно зависят от направления действия внешней нагрузки относительно ее волокон, предлагаемое их расположение – в одном слое находятся отрезки с продольным, радиальным и тангенциальным расположением волокон – будет способствовать эффективному гашению вредной энергии удара при падении контейнера под любым углом к горизонту. Кроме того, из-за разности физико-механических свойств древесины, в частности, модуля упругости, твердости, прочности при сжатии и др. в зависимости от продольного, радиального и тангенциального расположения волокон гашение энергии удара будет проходить в более благоприятном режиме, т.к. древесные вставки, имеющие продольное, радиальное и тангенциальное направление волокон, будут деформироваться с различной интенсивностью, что приведет к более плавному рассеиванию вредной энергии удара. Таким образом, использование в одном демпфирующем слое защитно-демпфирующего устройства контейнера отрезков древесины с продольным, радиальным и тангенциальным расположением волокон будет способствовать повышению степени защиты содержимого контейнера от повреждения в результате неаккуратного обращения с ним или наступлении аварийной ситуации.

Технический результат предлагаемых в работах [2], [5], [6] устройств заключается в том, что они за счет использования древесины – материала со сравнительно небольшой удельной массой, обладают относительно небольшим удельным весом, позволяют эффективно гасить энергию удара при падении в вертикальном, наклонном и горизонтальном положениях, обеспечивают устойчивое положение контейнера в вертикальном положении.

Особенностью разработанных в Петрозаводском государственном университете конструкций демпфирующих устройств контейнера является использование в качестве основного демпфирующего наполнителя древесины – материала который при кратковременной нагрузке, соответствующей удару, обладает свойствами сравнительно жесткого малодеформируемого тела, а по своим удельным показателям конкурентоспособен с другими материалами (в том числе и металлами), обладает не высокой плотностью, что снижает массу амортизатора, хорошо механически обрабатывается, поглощает энергию удара, имеет невысокую стоимость и является доступным материалом.

Литература

1. Васильев А. С., Шегельман И.Р., Романов А.В. Создание ресурсосберегающего производства экологически безопасного транспортно-упаковочного комплекта для перевозки и хранения отработавшего ядерного топлива // Наука и бизнес: пути развития. – 2012. – № 1(07). – С. 62-65.
2. Пат. 114739 Российская федерация, МПК7 F 16 F 7/00, G 21 F 5/00, B 65 D 81/02. Демпферное устройство контейнера для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива / Васильев А.С., Романов А.В., Шегельман И.Р., Гуськов В.Д.; заявитель и патентобладатель Петрозаводский государственный университет. – № 2011140208/11 ; заявл. 03.10.2011 ; опубл. 10.04.2012. Бюл. № 10 – 9 с.: ил.
3. Пат. 115119 Российская федерация, МПК7 G 21 F 5/00. Устройство для хранения и транспортировки отработавшего ядерного топлива / Шегельман И.Р., Романов А.В., Гуськов В.Д., Васильев А.С.; заявитель и патентобладатель Петрозаводский государственный университет. – № 2011145824/07; заявл. 10.11.2011 ; опубл. 20.04.2012. Бюл. № 11 – 10 с.: ил.

4. Пат. 118464 Российская федерация, МПК7 G 21 F 5/00. Устройство для хранения и транспортировки отработавшего ядерного топлива / Шегельман И.Р., Романов А.В., Васильев А.С.; заявитель и патентобладатель Петрозаводский государственный университет. – № 2011144536/07; заявл. 02.11.2011 ; опубл. 20.07.2012. Бюл. № 20 – 8 с.: ил.
5. Пат. 118788 Российская федерация, МПК7 G 21 F 5/00. Демпфер контейнера для транспортировки и хранения отработавшего ядерного топлива / Васильев А.С. Романов А.В., Шегельман И.Р., Гуськов В.Д.; заявитель и патентобладатель Петрозаводский государственный университет. – № 2011140207/12; заявл. 03.10.2011 ; опубл. 27.07.2012. Бюл. № 21 – 9 с.: ил.
6. Пат. 118620 Российская федерация, МПК7 G 21 F 5/00. Защитно-демпфирующее устройство контейнера / Шегельман И.Р., Васильев А.С. Романов А.В.; заявитель и патентобладатель Петрозаводский государственный университет. – № 2012110859/12; заявл. 21.03.2012 ; опубл. 27.07.2012. Бюл. № 21 – 8 с.: ил.
7. Васильев А. С., Ершов А. В. Особенности патентного поиска в области создания транспортно-упаковочного комплекта для отработавшего ядерного топлива // Ученые записки Петрозаводского государственного университета: Научный журнал. Вып. 6(119). Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2011. С. 78-80.
8. Васильев А. С., Романов А.В., Шегельман И.Р. К выбору конструкции амортизатора транспортного упаковочного комплекта для хранения и транспортировки отработавшего ядерного топлива // Глобальный научный потенциал: Научно-практический журнал. Вып. 9. СПб, 2011. С. 56-58.
9. Васильев А. С. Перспективные направления создания экологически безопасных транспортно-упаковочных комплектов для перевозки и хранения отработавшего ядерного топлива / А. С. Васильев, А. В. Романов, П. О. Шукин // Инженерный вестник Дона [Электронный журнал]. – 2012. –№ 3. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/latest/n3y2012/904/>
10. Шегельман И. Р. Специфика комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства в рамках интеграции университета и машиностроительного предприятия / И. Р. Шегельман, П. О. Шукин, А. С. Васильев // Инженерный вестник Дона [Электронный журнал]. – 2012. –№ 3. URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/latest/n3y2012/905/>