

В советском союзе уже пытались вводить установки на аммиаке, но от них в свое время отказались, так как развивали традиционную энергетику (ПТУ, сейчас - ПГУ). Однако, в связи с возрастающей потребностью в энергоэффективных и ресурсосберегающих технологиях, вновь возвращается интерес к установкам на аммиачном рабочем теле.

Современная тепловая электростанция в немецком городе Унтерхахинг, которая обеспечивает током 10 тыс. домов получает энергию из недр земли с помощью аммиачной смеси. Проектная мощность станции — 3,4 МВт электроэнергии. За время функционирования системы с 2007 года она уже обеспечила экономию выбросов углекислого газа в количестве 7000 тонн. [6]

Верхне-Мутновская ГеоТЭС мощностью 12 Мвт (3х4 МВт) является опытно-промышленной очередью Мутновской ГеоТЭС проектной мощностью 200 МВт, создаваемой для электроснабжения Петропавловск-Камчатского промышленного района. Предлагается в течение трех лет разработать и испытать на ВерхнеМутновской ГеоТЭС пилотный двухконтурный аммиачный энергомодуль мощностью 6 МВт, работающий на избыточном паре из существующих скважин и тепле сбросной геотермальной воды, которая будет дополнительно охлаждаться до 100°С. Создание и испытания пилотного образца аммиачного энергомодуля позволит (наряду с наращиванием мощности Верхне-Мутновской станции до 18 МВт) на 40-50% увеличить мощность Мутновской ГеоТЭС при тех же объемах бурения путем совместного применения паровых и аммиачных энергоустановок. [7]

#### Список литературы:

1. Р.В. Городов, В.Е. Губин, А.С. Матвеев. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие – 1-е изд. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 294 с.
2. Луканин В.П. Технологические энергоносители предприятий (Низкотемпературные энергоносители): Учебное пособие/ ГОУВПО СПбГТУРП. СПб., 2009. 116 с:ил. 53.- ISBN 5-230-14392-4
3. <http://gisee.ru/articles/geothermic-energy/19412/>
4. <http://greenevolution.ru/enc/wiki/geotermika>
5. [http://www.ecotoc.ru/alternative\\_energy/geothermal\\_energy/d69/](http://www.ecotoc.ru/alternative_energy/geothermal_energy/d69/)
6. <http://greenevolution.ru/2015/03/06/v-germanii-geotermalnaya-elektrostanciya-vyrabatyvaet-teplo-i-elektrichestvo-s-pomoshhy-ammiaka/>
7. <http://pandia.ru/text/78/152/86462.php>

#### Анализ возможности использования материалов СВС для улучшения характеристик контейнеров для транспортировки и хранения РАО

*Бородай А.Ю., Беденко С.В., Масенко С.А., Таракаенко П.В., Чуйкина А.В.*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия, г. Томск  
E-mail: aybl@tpu.ru

Развитие атомной энергетики приводит к увеличению количества ядерных реакторов, что в свою очередь влечет к увеличению объемов производимого отработанного ядерного топлива. ОЯТ требуется хранить, перевозить и в конечном итоге перерабатывать.

При переработке использованного ядерного топлива выделяется значительное количество ВАО (высокоактивные отходы). Ежегодно требования по транспортировке и хранению радиоактивных отходов ужесточаются благодаря различным российским и международным организациям, при этом развитие атомной промышленности приводит к увеличению объемов ВАО. В совокупности эти два фактора приводят к тому, что требуется постоянное совершенствование контейнеров транспортировки и хранения ВАО. При этом надо учитывать, что технологии улучшения не должны снижать экономическую эффективность атомной промышленности в целом.

Для усиления защитных характеристик контейнеров можно использовать технологию иммобилизации ВАО с помощью материалов, получаемых методом СВС. Эта модернизация может положительно повлиять на длительность эксплуатации контейнеров при незначительном удорожании всей технологии транспортировки/хранения.

Рынок контейнеров для транспортировки РАО достаточно разнообразен, созданием подобных контейнеров занимаются как профильные предприятия, так и предприятия с широкой специализацией в области обслуживания атомного комплекса страны. Например, ОАО «345 механический завод» в сотрудничестве с ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ» и ЗАО «ЭКОМЕТ-С» работают исключительно в сфере обслуживания РАО, в то время как ООО «НТЦ

«ИНТЭК» занимается практическими любыми перспективными технологиями в различных областях обслуживания атомного комплекса.

ОАО «345 механический завод» в сотрудничестве с ОАО «Головной институт «ВНИПИЭТ» выпускают контейнеры НЗК-150-1,5П (базовая модель), КРАД-1,36, КО-1340 (самая дорогая и наиболее защищенная модель). ЗАО «ЭКОМЕТ-С» выпускает КТБН-3000 (базовая модель), УКТН-24000 (значительно более дорогая и защищённая модель). ООО «НТЦ «ИНТЭК» выпускает НЗК МР и НЗК I-III (базовые модели), КМ РАО 2.8 (значительно более дорогая и защищённая модель) [1-3].

Примерами зарубежных компаний, предоставляющих контейнеры для РАО, могут быть шведская компания The Swedish Nuclear Fuel and Waste Management Company (Svensk Kärnbränslehantering Aktiebolag) и американская компания AREVA. Однако вариант рассмотрения сотрудничества с зарубежными компаниями не прорабатывался, т.к. во-первых предприятия российского рынка технологически более приспособлены под работы в родной стране, во-вторых работа с зарубежными предприятиями в данной сфере может быть ограничена действующим законодательством [4, 5].

Для анализа возможности использования СВС материалов для улучшения характеристик транспортных контейнеров была создана расчетная модель, в которой можно быстро перебрать возможные варианты усиления защиты базовых контейнеров с помощью использования СВС-материалов, иммобилизующих РАО. Расчетная 3D-модель построена с помощью программного пакета MSU5[6].

В данной работе рассматривается построенная модель контейнера типа НЗК-150-1,5П. В качестве СВС материалов для модернизации были выбраны карбид бора и борид вольфрама, как наиболее изученные материалы кафедрой ФЭУ ФТИ ТПУ. Заполнение части внутреннего объёма (1,3 м<sup>3</sup>) порошками карбида бора до уровня высокозащищённого контейнера КО-1340 (0,2 м<sup>3</sup>) позволило повысить защитные параметры НЗК-150-1,5П в несколько раз (см. Табл. 1).

При аналогичном заполнении порошком борид вольфрама защитные характеристики НЗК-150-1,5П превысили некоторые характеристики КО-1340 (см. Табл. 2).

**Таблица 1.** Использование карбида бора

Тип контейнера	Альфа-излучение, %	Бета-излучение, %	Гамма-излучение, %	Нейтронное излучение, %
НЗК-150-1,5П	42,6	74,5	87,2	97,1
НЗК-150-1,5П карбидом бора	12,8	56,3	79,6	0,4
КО-1340	0,2	0,5	1,5	2,1

**Таблица 2.** Использование борид вольфрама

Тип контейнера	Альфа-излучение, %	Бета-излучение, %	Гамма-излучение, %	Нейтронное излучение, %
НЗК-150-1,5П	42,6	74,5	87,2	97,1
НЗК-150-1,5П с боридом вольфрама	0,6	1,7	4,3	0,7
КО-1340	0,2	0,5	1,5	2,1

Анализ полученных данных показывает, что модернизация контейнера НЗК-150-1,5П с помощью борид вольфрама значительно усиливает его защитные характеристики. Это может позволить использовать данный контейнер вместо многократно более дорогих аналогов при определённых условиях, в зависимости от типа РАО и технических требований организации, которой нужны данные контейнеры.

Для определения наиболее технологичной, дешёвой и эффективной порошковой смеси для СВС в ФТИ ТПУ на кафедре ФЭУ проводятся научные эксперименты на исследовательской установке. На основании данных, полученных в этих исследованиях, будут моделироваться варианты использования других иммобилизационных материалов. Модель позволяет подобрать

наиболее соответствующую требованиям заказчика порошковую смесь для иммобилизации РАО методом СВС. Так же возможны варианты моделирования других моделей контейнеров.

Для контейнеров типа НЗК-150-1,5П, с толщиной стальных стенок порядка 50 мм, вариант предварительной упаковки ВАО в СВС-матрицу может значительно усилить его защитные характеристики. При этом при использовании технологии предварительной иммобилизации методом СВС в промышленных масштабах, затраты на приобретение печи для СВС и порошковых материалов очень быстро окупятся за счет использования более дешевых базовых контейнеров.

Предварительные экономические оценки показывают, что одному контейнеру КО-1340 за 1,36 млн рублей может быть эквивалентен контейнера НЗК-150-1,5П за 71,1 тыс. рублей, если ВАО предварительно подвергнуть иммобилизации методом СВС с использованием борида вольфрама [7]. Использование данной технологии позволит оставаться атомной энергетике перспективной и выгодной, что положительным образом скажется на эффективности всей энергетики Российской Федерации.

#### Список литературы:

1. Р.М.Гатауллин, Н.Н. Давиденко, Н.В. Свиридов, В.Т. Сорокин, И.А. Медеяев, Н.Н. Перегудов. Контейнеры для радиоактивных отходов низкого и среднего уровней активности. – М.: Логос, 2011. – С. 31–37.
2. А.С. Баринов, А.С. Волков, С.М. Лащёнов, В.Т. Сорокин Контейнеры для радиоактивных отходов от низкого до высокого уровня активности – М.: Логос, 2012. – С. 22–25.
3. Контейнеры защитные невозвратные для радиоактивных отходов из конструкционных материалов на основе бетона. Общие технические требования. ГОСТ Р 51824-2001.
4. Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов. НП-053-04. Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2004.
5. Рекомендации по установлению критериев приемлемости кондиционированных радиоактивных отходов для их хранения и захоронения. РБ-023-02. Утверждены постановлением Госатомнадзора РФ от 10 января 2002 г. № 1
6. D.S. Oleynik, D.A. Shkarovskiy, E.A. Gomin, et al, “The status of MCU-5” // Physics of Atomic Nuclei. – 2012. – № 14. – С. 1634-1646
7. Нассонов Г.П., Нечаев А.Ф. Экономические аспекты «обезвреживания» радиоактивных отходов // Известия СПбГТИ (ТУ). – 2014. – № 24 (50). – С. 21-22

#### Энергоэффективность системы теплоснабжения

*Кудрявцев Д.А., Петринчик В.А., Тихомиров С.Н.*

*Вологодский государственный университет, Россия, г. Вологда*

В 2010 году принят Закон РФ «О теплоснабжении» [1], в котором введено новое понятие «...радиус энергоэффективности...».

«Радиусом энергоэффективного теплоснабжения» [1] называют максимальное расстояние от теплопотребляющей установки до ближайшего источника тепловой энергии в системе теплоснабжения, при превышении которого подключение теплопотребляющей установки к данной системе теплоснабжения нецелесообразно по причине увеличения совокупных расходов в системе теплоснабжения. В ФЗ-190 [1] предполагалось, что будет выпущен подзаконный акт, определяющий и уточняющий это понятие. Методики расчета радиуса энергоэффективности были рассмотрены, например, В.Н. Папушкиным [2].

Учитывая, что до сих пор это понятие не уточнено, мы попытались дать свое собственное определение понятия энергоэффективности и использовать его для анализа тепловых сетей при разработке схем теплоснабжения.

Городские территории постоянно застраиваются новыми домами – потребителями теплоты – и большинство из них необходимо подключить к централизованной системе теплоснабжения. Этим обусловлено увеличение нагрузки на котельные. Изменение энергоэффективности систем теплоснабжения при увеличении нагрузки является важной задачей энергоэффективности.

Авторами подготовлено техническое решение, позволяющее решить данную задачу. Техническое решение подготовлено к регистрации как «НОУ-ХАУ» в Вологодском государственном университете.

Техническое решение «Способ определения энергоэффективности системы теплоснабжения» позволяет показать необходимые и достаточные условия для перехода к неэнергоэффективному состоянию системы теплоснабжения.