

3. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года. [Электронный ресурс]. URL: <http://minenergo.gov.ru/aboutminen/energostategy/> (дата обращения: 09.10.2014).
4. Соломин Е. В. Сравнительные характеристики вертикально-осевых ветроэнергетических установок // Альтернативная энергетика и экология. 2010. № 1. С. 48–53.

УДК 621.039

Русских И. М., Лукьяненко В. Ю., Михайлова А. Ф., Ташлыков О. Л.  
Уральский федеральный университет,  
vera-lukyanenko@mail.ru

## **ПОТЕНЦИАЛ ОПТИМИЗАЦИИ РАДИАЦИОННОЙ ЗАЩИТЫ В СНИЖЕНИИ ЗАТРАТ НА ПЕРЕРАБОТКУ ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ**

Для успешного функционирования атомной энергетики, способной к долгосрочному и широкомасштабному развитию, необходимо завершить рассмотрение и решение ряда важных проблем. В первую очередь это касается реализации и увязки в единый комплекс АЭС и ядерного топливного цикла (ЯТЦ), включающий баланс урана и плутония при минимизации радиоактивных отходов (РАО). При этом наиболее сложной и срочной задачей является захоронение РАО, образованных от реализации оборонных ядерных технологий.

Страна несет большие затраты по поддержанию приемлемого уровня безопасности существующих хранилищ РАО [1].

К жидким радиоактивным отходам (ЖРО), образующимся при эксплуатации и снятии с эксплуатации энергоблоков АЭС, относятся:

- растворы от дезактивации и отмывки оборудования и помещений;
- воды от опорожнения реакторных систем;
- воды санпропускников, саншлюзов, спецпрачечных;
- пульпы перлита, ионообменных смол, шламы;
- кубовые остатки, конденсат с установок упаривания ЖРО.

На территории Российской Федерации накоплено около 600 млн т ЖРО общей активностью около ( $3,6 \times 10^{19}$ ) Бк.

Главным требованием экологической безопасности при переработке ЖРО является уменьшение вероятности попадания долгоживущих радионуклидов в окружающую среду, что можно обеспечить, перерабатывая (отверждая) жидкие радиоактивные отходы в твердые радиоактивные отходы (ТРО). При этом следует учитывать, что стоимость долгосрочного хранения единицы объема ТРО многократно больше стоимости переработки единицы объема ЖРО.

До недавнего времени системы переработки радиоактивных сред на АЭС России отвечали проектным решениям, разработанным в 50–60 годы прошлого века. Однако отечественный и зарубежный опыт обусловил пересмотр и ужесточение требований по безопасному обращению с РАО. Основной целью та-

кого подхода является повышение безопасности краткосрочного и длительного хранения РАО.

Начиная с конца 70-х годов, в связи с возросшими требованиями по безопасности, в экономике обращения с отходами низкого и среднего уровня активности произошли существенные изменения – цены на услуги по переработке РАО растут почти экспоненциально [2].

В условиях рыночной экономики рост затрат на переработку и хранение требует минимизации РАО на стадиях их образования и кондиционирования. Но поскольку затраты на обращение с РАО при использовании современных технологий постоянно возрастают, простое совершенствование существующих методов не дает нужного эффекта. Необходим переход на качественно новый уровень обращения с радиоактивными отходами.

Для определения мощности дозы  $\gamma$ -излучения от различных источников образцами защитного материала использовался программный код MCNP (Monte Carlo N-Particle Transport Code), реализующий метод Монте-Карло расчета переноса совокупности нейтронов, фотонов, электронов с непрерывной энергией в обобщенной геометрии и с зависимостью от времени [3].

Метод Монте-Карло применяется для моделирования различных процессов, носящих статистический характер (например, взаимодействие нейтронов, фотонов в среде). Метод крайне полезен при решении сложных задач, которые невозможно смоделировать программой, основанной на детерминистском методе. Для каждой частицы моделируются случайные события. Совокупность отдельных событий, носящих статистический характер, составляет полную картину происходящего процесса. По распределению вероятностей отдельных событий можно судить о процессе в целом. В задачах переноса частиц методы Монте-Карло наиболее близки к реальности.

Расчеты выполнены для 13 вариантов: толщина стенок 5, 10, 20 и 30 мм (для активности 40 Ки) мм, активность цезия-137 10, 20, 30, 40 Ки. Время расчета одного варианта задачи со статистической ошибкой от 8 до 4 % составляет 8,5 часов.

*Описание расчетной модели.* Расчетная модель выполнена в виде куба из бетона марки М200 со стороной 1500 мм. Внутри куба, по центру, расположен пенал в виде цилиндра из нержавеющей стали наружным диаметром  $R$  и высотой  $H$ . В пенале размещен источник, также имеющий вид цилиндра диаметром  $r$  и высотой  $h$ . Источник представляет собой объем  $V$ , заполненный воздухом, в котором равномерно распределен цезий-137. Удельная активность цезия-137 составляет 1 Ки/л (рис. 1).

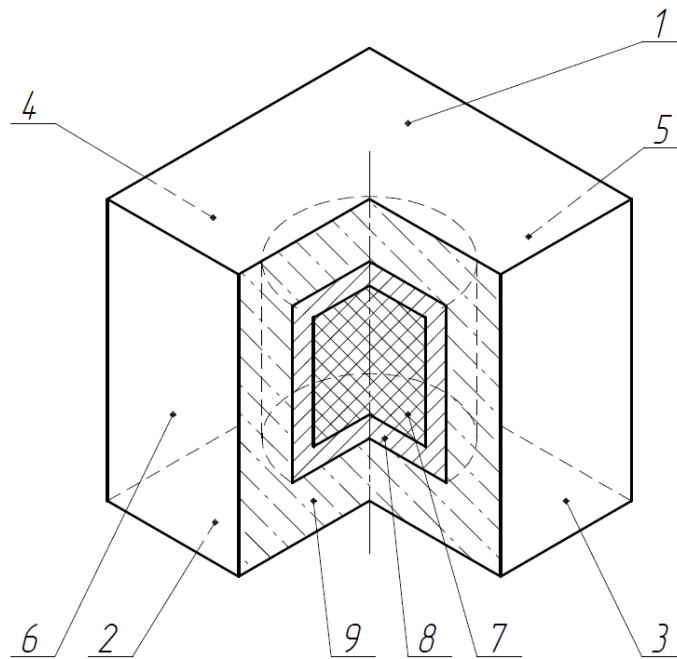


Рис. 1. Схема расчетной модели:

1–2 – горизонтальные грани куба, верхняя и нижняя соответственно;  
 3–6 – боковые грани куба; 7 – источник излучения цезий-137;  
 8 – стальной пенал; 9 – бетонный куб со стороной 1500 мм

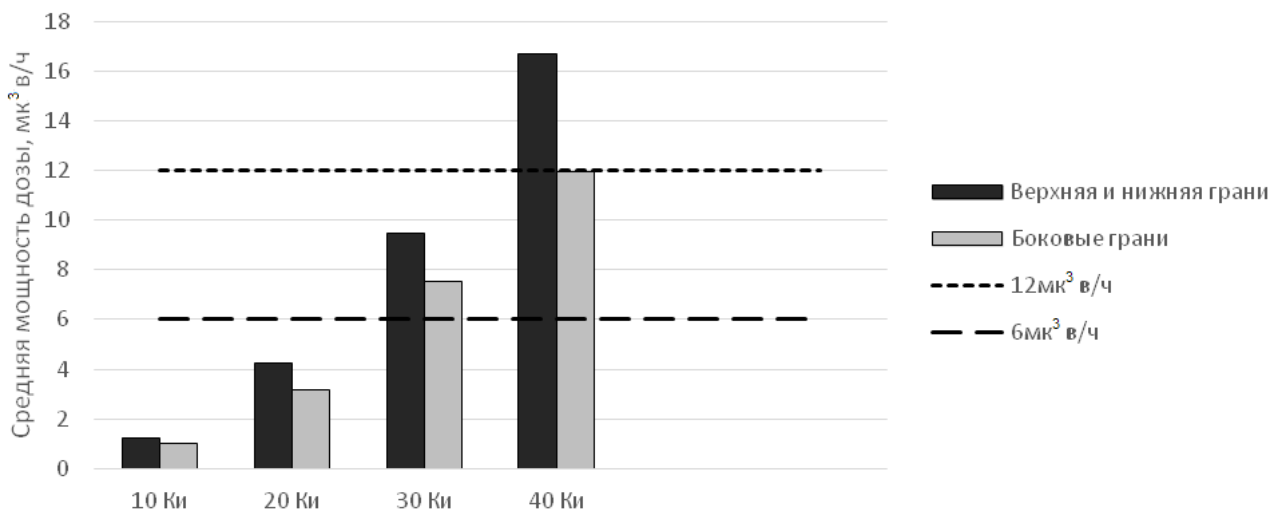


Рис. 2. Средние значения мощности дозы гамма-излучения для горизонтальных (верхняя и нижняя) и вертикальных (боковых) граней бетонного брикета с расположенным в центре стальным пеналом и источником излучения цезий-137

Решение данной задачи приведенным методом позволяет оценить величину мощности дозы на гранях бетонного брикета для разных активностей источника при разных толщинах стального пенала. Полученные результаты с учетом погрешностей пригодны для использования их в практических расчетах при проектировании контейнеров для хранения РАО. При этом затраты на выбор оптимальной компоновки контейнеров невелики.

### Список литературы

1. Проблемы обращения с радиоактивными отходами в России. Заключение ОФТПЭ РАН и Научного совета по атомной энергетике ОФТПЭ РАН по результатам совместной Научной сессии ОФТПЭ РАН // бюллетень по атомной энергии. 21 июня 2002 г.
2. Обращение с РАО на российских АЭС: проблемы и пути решения // Безопасность окружающей среды. 2009. № 1. С.94-98.
3. Briesmeister Ed. A General Monte Carlo N – Particle Transport code // Los Alamos National Laboratory report. LA-12625-M. Version 4B. 1997.

УДК 662.767.2

Рявкин А. Д., Щеклеин С. Е.  
Уральский федеральный университет,  
ryvkinart@gmail.com

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛА АЭРОБНЫХ РЕАКТОРОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

На сегодняшний день остро стоит вопрос о переработке отходов сельскохозяйственной деятельности, например:

- животноводческой деятельности;
- деревообрабатывающего производства;
- птицефабрик;
- растениеводства;
- пищевые.

Одним из способов переработки отходов является применение ферментеров анаэробного брожения с образованием метана, однако этот способ имеет ряд недостатков в условиях низкотемпературного климата нашего региона, а именно – большие энергозатраты на подогрев ферментируемого субстрата. Учитывая вышесказанное, имеет смысл рассмотреть альтернативные варианты переработки отходов.

Одним из самых перспективных вариантов переработки отходов является аэробная твердофазная ферментация. Аэробная ферментация широко применяется при очистке жидких канализационных стоков. В отличие от биогазовых установок, ферментеры на аэробной ферментации не требуют подогрева, более того, в процессе аэробной биодegradации происходит естественный самопроизвольный нагрев субстрата как результат жизнедеятельности аэробных бактерий, что может являться источником электрической энергии, которую преобразует в установке ORC (Organic Rankine Cycle). Основные преимущества аэробных реакторов перед анаэробными – это меньшая стоимость продуктов ферментации, более простая конструкция, самопроизвольный нагрев.

Аэробная твердофазная ферментация возможна при обязательном условии – присутствии в ферментируемой смеси компонентов, относящихся к отходам сельскохозяйственного производства и обладающих изначальной биологической активностью (навоз, помет). Биологическая активность этих компонен-