

6. Кудинов, В.А. Методы Бубнова-Галеркина и конечных элементов в расчетах трехмерных задач теплопроводности для многослойных конструкций [Текст] / В.А. Кудинов, А.А. Кудинов, В.В. Гнеденко, Б.В. Воробьев // Изв. Вузов, сер. Энергетика. – 1992. – № 5-6. – С. 81-86.
7. Денисов, О.В. Комплексная безопасность населения и территорий в чрезвычайных ситуациях. Проблемы и решения: моногр. [Текст] / О.В. Денисов, О.А. Губеладзе, Б.Ч. Месхи, Ю.И. Булыгин; под общ. ред. Ю.И. Булыгина. – Ростов-на-Дону: Издательский центр ДГТУ, 2016. – 278 с.

## **Modeling of Fire Protection Design Elements for Nuclear Power Plants at the Design Stage**

**Gubeladze O.A. <sup>\*1</sup>, Gubeladze A.R. <sup>\*1</sup>, Burdakov S.M. <sup>\*\*2</sup>**

*\*Don state technical university, Rostov-On-Don*

*\*\*Volgodonsk Engineering Technical Institute the Branch of National Research Nuclear University «MEPhI»,*

*Volgodonsk, Rostov region*

*<sup>1</sup>buba26021966@yandex.ru*

*<sup>2</sup>SMBurdakov@mephi.ru*

**Abstract** – The paper presents the features of modeling the elements of the design of fire protection for NPPs at the design stage.

*Keywords:* Accidents at nuclear power plants, fire protection regulations, local fire, integral model, field models, thermal field, variation method.

УДК 621.039.74

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ВТОРИЧНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОЯ БЕТОНА ПОЛУЧЕННОГО ПОСЛЕ ДЕМОНТАЖА АЭС В ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

**А.Р. Давтян, И.С. Курков, М.С. Панин, П.Е. Болотный**

*Обнинский институт атомной энергетики – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Обнинск*

В работе рассмотрена проблема утилизации РАО, а в частности низко активных отходов (НАО) в виде железобетона (ж/б), так же рассмотрены технологические линии переработки твердых ж/б отходов (НАО), которые можно использовать в технологии 3D – печати.

*Ключевые слова:* 3D – печать, демонтаж АЭС, низко активные отходы.

Сегодня в России действует 31 энергоблок АЭС. В мире на настоящий момент времени около 150 реакторов АЭС, помимо исследовательских и экспериментальных, находят в стадии демонтажа или вывода из эксплуатации. К примеру, в России уже остановлен реактор на первой в мире АЭС в Обнинске, два реактора на Нововоронежской АЭС и также два на Белоярской АЭС. А учитывая активное развитие атомной энергетики в мире в 60-70-ые годы, активная фаза закрытия реакторов во всем мире начнется в ближайшее десятилетие.

Вместе с тем полный демонтаж АЭС подразумевает разрушение почти всех зданий на территории атомной электростанции, в первую очередь здания энергоблока и градирен, если таковые имеются [3]. При этом главной задачей данной идеи проекта является утилизация ж/б отходов, которые остаются после демонтажа АЭС, и применения ее в новом типе строительства, которой в настоящем является технология 3D – печати в строительстве.

3D печать интересует нас в плане использования вторичных отходов от вывода из эксплуатации АЭС. После демонтажа остается большое количество железобетонных отходов, которые требуют вторичной переработки. В данном случае мы рассматриваем как раз технологию 3D-печати, которая может поспособствовать нам для выполнения задачи строительства из ж/б РАО см., [1]. В данном случае под радиоактивными отходами (РАО) понимается все загрязненное или с наведенной активностью оборудование и строительные конструкции, при этом нас интересуют только конструкции. Для сравнения численного значения активности загрязненных элементов оборудования и конструкций и отнесения их к той или иной группе РАО приведена таблица из ОПРОБ см., [2] в которой указана категория РАО и предельное содержание в элементах различных радионуклидов (табл.1.). еще раз подчеркнем, что нас интересуют низко активные отходы (НАО).

Под вторичным использованием в нашем случае мы понимаем непосредственно транспортировку и производство в дальнейшем боя бетона, необходимой фракции, который в дальнейшем будет применяться как заполнитель для 3D-принтера. Технологическое оборудование, используемое на линиях по переработке некондиционного бетона и железобетона (НАО), обеспечивает получение вторичного щебня, применение которого допускается лишь при устройстве подстилающих слоев дорожных одежд и оснований. Эффективность применения щебня из дробленого бетона резко возрастает при использовании его вместо заполнителя из природного каменного материала при производстве конструкций из сборного железобетона непосредственно на предприятии, где осуществляется переработка. Для этого необходимо обеспечить получение фракционированного щебня из дробленого бетона.

Таблица 1 – Классификация ОСПОРБ

Категории отходов	СП 2.6.1.2612-10		
	Удельная активность, кБк/кг		
	$\beta$ - излучающие радионуклиды	$\alpha$ - излучающие радионуклиды	Трансурановые радионуклиды
Использование без ограничений	Менее 0,3	Менее 0,3	Менее 0,3
Ограниченное использование	От 0,3 до $10^2$	От 0,3 до 10	От 0,3 до 1,0
Низко активные	От $10^2$ до $10^3$	От 10 до $10^2$	От 1 до 10
Средне активные	От $10^3$ до $10^7$	От $10^2$ до $10^6$	От 10 до $10^5$
Высоко активные	Более $10^7$	Более $10^6$	Более $10^5$

Переработка осуществляется по технологической схеме (рис. 1) в несколько стадий: первичное дробление; сортировка; вторичное дробление; удаление металлов и мойка. С помощью самосвалов или колесных автопогрузчиков отход демонтажа подается в загрузочный бункер. Материал с размером зерен менее 45 мм первичному дроблению не подвергается. Вместе с частичками грунта он попадает на тяжелый грохот, отсеивается и разгружается на сторону. На первом передаточном конвейере смонтирован небольшой магнитный сепаратор, предназначенный для удаления из потока материала железных предметов небольшого размера. После чего готовый бой нужной фракции сортируются и складываются, а после их добавляют в бетонную смесь 3D принтера.

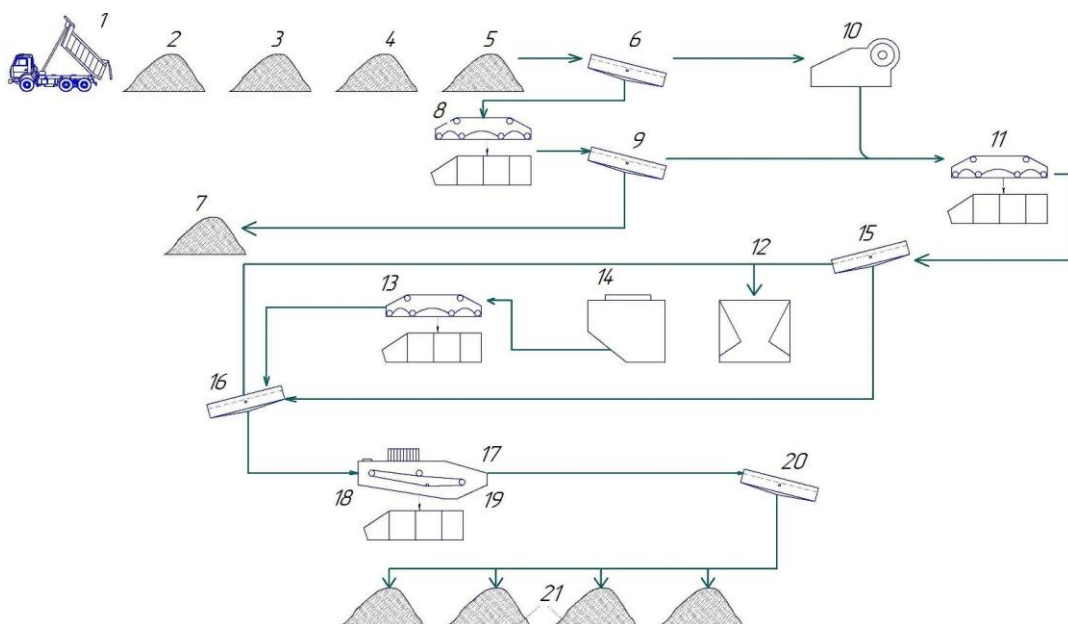


Рисунок 1 – Технологическая линия по переработке ж/б РАО

1 – автотранспорт; 2 – смесь; 3 – бетон; 4 – кирпич; 5 – асфальт; 6 – установка для грохочения тяжелого металла; 7 – песо к-заполнитель; 8 – электромагнит; 9 – отсеивание песка; 10 – ударная дробилка; 11 – электромагнит; 12 – резервный бункер; 13 – электромагнит; 14 – ударно-отражательная мельница; 15 – грохот; 16 – грохот; 17 – водоочистка; 18 – акваматор; 19 - щепа, органические компоненты; 20 – фракционирование; 21 – склад вторичных заполнителей

Целью такого обращения с НАО является утилизация радиоактивных отходов таким образом, чтобы защитить окружающую среду, без наложения чрезмерного бремени на будущие поколения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кидрас, И.Н., Макаров К.А. 3D – печать в строительстве [Текст] / И.Н. Кидрас, К.А. Макаров // Сборник статей по материалам LVII международной научно-практической конференции №13 (56). – Москва : Интернаука. – 2016. – С. 152-157.
2. СП 2.6.1.2612-10 (ОСПОРБ 99/10) Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности [Текст]. – Москва : Минздрав России. – 2013.
3. Котилов, Г.С. Монтаж оборудования и строительных конструкций АЭС [Текст] / Г.С. Котилов // Учебное пособие по курсу «Выход из эксплуатации блоков АЭС» – Обнинск: ИАТЭ. – 2008. – С. 44-45.

### The Possibility of SecondaryU of Concrete Battles after Dismantling Nuclear Power Plants in 3D Printing of Buildings and Structures

A.R. Davtyan <sup>1</sup>, I.S. Kurkov <sup>2</sup>, M.S. Panin <sup>3</sup>, P.E. Bolotnyy <sup>4</sup>

Obninsk Institute of Nuclear Power Engineering – branch National Nuclear Research University «MEPhI»

<sup>1</sup>arsen.davtian2011@yandex.ru

<sup>2</sup>nemo373@mail.ru

<sup>3</sup>panin.maxims@gmail.com

<sup>4</sup>50100pavel@gmail.com

**Abstract** – The paper discusses the problem of utilization of radioactive waste, in particular low active waste in the form of reinforced concrete, as well as processing lines for processing solid ferro-concrete wastes that can be used with 3D printing technologies.

**Keywords:** 3D - printing, dismantling of nuclear power plants, low-level waste.