

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Губеладзе, О. А. Определение геометрических и физико-механических характеристик элементов энергоблока АЭС и их использование в качестве исходных данных для вероятностного анализа безопасности / О. А. Губеладзе, А. Р. Губеладзе, С. М. Бурдаков // Глобальная ядерная безопасность – 2017, – № 3(24). С. 102-109.
2. Пимшин, Ю. И. Влияние крана кругового действия на техническое состояние строящейся защитной оболочки АЭС / Ю. И. Пимшин, Е. Б. Ключин, О. А. Губеладзе [и др.] // Глобальная ядерная безопасность – 2016, – № 2(19). С. 33-42.

### **Problems of Installation of a Circular Crane in the Reactor Compartment of a Protective Hermetic Shell**

**Gubeladze O.A.<sup>1</sup>, Gubeladze A.R.<sup>2</sup>**

*Don State Technical University, Rostov-on-Don*

<sup>1</sup>*e-mail: buba26021966@yandex.ru*

<sup>2</sup>*e-mail: argmethod@mail.ru*

**Abstract** – The Lifting and transport systems (LTS) of the reactor compartment (RC) are considered as an element of the "nuclear fuel - technological equipment of the reactor compartment – protective pressure-tight shell (PPHTS)" complex when solving the safety problems of nuclear power plants. The paper considers the problems of mounting a circular crane in the reactor compartment. Special attention is paid to the consideration of the influence of the crane on the construction of the protective hermetic shell. The presented material corresponds to the protective hermetic shell of the NP-1000 project, however, these research results are also valid for the shells of NPP-2006, and therefore require a solution.

*Key words:* protective sealed shell, circular action crane, deformations, displacements, cracks, concrete strength.

УДК 691-405.8

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ**

**Давтян А.Р., Нахабов А.В.**

*НИЯУ МИФИ, г. Москва, Россия*

В работе рассматривается возможность применения аддитивных технологий в атомной отрасли. Данное направление является перспективным в строительной индустрии. Аддитивные технологии способны ускорить строительство общепромышленных объектов на территории строительства предприятий атомной отрасли. Применение аддитивных технологий рассматривается с применением как обычных бетонных заполнителей, так же с применением вторичного бетонов, полученных в результате демонтажа ОИАЭ. Работы в данном направлении являются перспективными, за счет новизны технологии 3D печати зданий.

*Ключевые слова:* строительство, оценка радиационного воздействия, аддитивные технологии, стандартные бетоны, вторичные бетоны, предельное годовое поступление.

Цель работы – исследование возможности использования аддитивных технологий в атомной отрасли. По данной теме рассматривается два варианта использования:

- для строительства с использованием стандартные бетонов;
- для строительства с использованием вторичного бетона.

При новом строительстве аддитивные технологии позволяют увеличивать скорость возведения зданий и сооружений из бетона, что в свою очередь влияет на снижение стоимости строительных работ. Во всем мире наблюдается высокий интерес к теме 3D-печати зданий, так уже в апреле 2021 года в РФ вступили в силу государственные стандарты на материалы для аддитивного строительного производства: ГОСТ Р 59095-2020 «Материалы для аддитивного строительного производства. Термины и определения»; ГОСТ Р 59096-2020 «Материалы для аддитивного строительного производства. Методы испытаний»; ГОСТ Р 59097-2020 «Материалы для аддитивного строительного производства. Технические требования».

В мире уже существуют компании, внедрившие в строительную отрасль свои проекты: «3D-printed Canal House» компании DUS Architects; «Chinese houses» компании WinSun; «а Chinese building» компании WinSun и т.д. [1].

Исходя из вышеуказанных факторов строительство с применением аддитивных технологий является одним из перспективных направлений. 3D-печать зданий и сооружений в атомной отрасли может также ускорить строительство общепромышленных зданий объектов использования атомной энергии (ОИАЭ).

Рассмотрен вариант использования вторичных бетонов с применением аддитивных технологий в строительстве, для этого исследовались различные факторы:

- расчетная оценка радиационного воздействия на население существующих способов обращения и утилизации отходов (рассматриваются бетоны класса низкоактивные радиоактивные отходы (НАО) и очень низкоактивные радиоактивные отходы (ОНАО));
- изучение процессов, возникающих в бетонных конструкциях объектов использования атомной энергии (ОИАЭ).

Проведен расчет активности и эквивалентной дозы на персонал и население. Дозовые коэффициенты принимались согласно НРБ-99/2009 приложение 1 [2], итоги расчета приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Данные расчетов активности и эквивалентной дозы на персонал вовлеченный в переработку

<sup>3</sup> H (тритий)		Скорость дыхания м <sup>3</sup> /с (w)	0.000389
Активность бетона Бк/кг	1.00E+03	Время работы (с) (t)	18000
Бк	7.59E+00	Масса пыли (m)	0.00759
Бк/м <sup>3</sup>	2.26E-01	Дозовый коэф-фф. эк-в.	1.8E-15
Поступление в организм (Бк)	1.59E+00	V сферы (м)	33.51
Доза эквивалентная (Зв)	2.85E-15	Радиус раб. зоны (м)	2

Таблица 2 – Данные расчетов активности и эквивалентной дозы на население

<sup>3</sup> H		Скорость дыхания м <sup>3</sup> /с (w)	0.000389
Активность бетона Бк/кг	1.00E+03	Время работы (с) (t)	3600
Бк	1.52E+00	Масса пыли (m)	0.001518
Бк/м <sup>3</sup>	4.53E-02	Дозовый коэф-фф. эк-в.	1.8E-15
Поступление в организм (Бк)	6.34E-02	V сферы (м)	33.51
Доза эквивалентная (Зв)	1.14E-16	Радиус раб. Зоны (м)	2

В результате сравнения расчетных данных и значений предельных годовых поступлений (ПГП) по НРБ-99/2009 выявлено, что для населения и персонала, при работе с бетонными материалами класса НАО и ОНАО ПГП не превышают норму.

На ОИАЭ бетонные конструкции зданий и сооружений подвергаются влиянию различных факторов таких как, воздействия ионизирующего излучения и высокотемпературное воздействие. Изменение прочностных свойств бетонов, происходящее в результате их облучения, является следствием собственных радиационных деформаций, ведущих к структурным изменениям материала [3], такой бетон может применяться вторично, в соответствии своим физико-механическим параметрам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Labonnote, N., Rønquist, A., Manum, B., & Rütther, P. Additive construction: State-of-the-art, challenges and opportunities. *Automation in Construction*, 72, (2016) 347–366.
2. Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009 Санитарные правила и нормативы СанПиН 2.6.1.2523-09
3. *Дубровский, В.Б.* Радиационная стойкость материалов / В.Б. Дубровский, П.А. Лавданский, Б.К. Пергаменщик, В.Н. Соловьев. – Москва : Атомиздат, 1973, 264 с.

### **Investigation of the Possibility of Using Additive Technologies in the Construction of Nuclear Energy Facilities**

**Davtyan A.R.<sup>1</sup>, Nakhabov A.V.<sup>2</sup>**

*MEPHI Research Institute, Moscow*  
<sup>1</sup>*e-mail: arsen.davtian2011@yandex.ru*  
<sup>2</sup>*e-mail: AVNakhabov@mephi.ru*

**Abstract** – The paper considers the possibility of using additive technologies in the nuclear industry. This direction is promising in the construction industry. Additive technologies can accelerate the construction of general industrial facilities on the territory of the construction of nuclear industry enterprises. The use of additive technologies is considered with the use of both conventional concrete aggregates, as well as with the use of secondary concretes obtained as a result of the dismantling of OIAE. Work in this direction is promising, due to the novelty of 3D printing technology of buildings.

*Key words:* construction, radiation impact assessment, additive technologies, standard concretes, secondary concretes, maximum annual intake.

УДК 624.04.45.001.3

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ЗАЩИТНУЮ ОБОЛОЧКУ АЭС ОБРЫВА НАПРЯЖЕННОГО АРМАТУРНОГО КАНАТА**

**Киселев А.С., Киселев А.С., Медведев В.Н., Ульянов А.Н., Стрижов В.Ф.,  
Скорикова М.И.**

*Институт проблем безопасного развития атомной энергетики РАН, г. Москва, Россия*

В работе приводится описание методологии моделирования динамического воздействия на защитную оболочку реакторного отделения АЭС обрыва напряженного арматурного каната, вызывающего внезапное мгновенное снятие нагрузки, которая ударным образом воздействует на защитную оболочку.

*Ключевые слова:* защитная оболочка, расчетная модель, перемещения, деформации, напряжения, усилия.

Целью данной работы является разработка методики и расчетной модели защитной оболочки с учетом физико-механических и деформационных характеристик материалов сооружения. В результате моделирования получены зависимости от времени динамического отклика (перемещений) защитной оболочки от обрыва напряженного арматурного каната.

Железобетонная преднапряженная защитная оболочка (ЗО) АЭС должна обеспечивать